

DISEÑO DE CONTROL REMOTO PARA GRÚA PÓRTICO

ALONSO GUERRERO AGUIRRE

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2008**

DISEÑO DE CONTROL REMOTO PARA GRÚA PÓRTICO

ALONSO GUERRERO AGUIRRE

Pasantía para optar por el título de ingeniero electrónico

**Director
HÉCTOR FABIO ROJAS
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2008**

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la universidad autónoma de occidente para optar por el título de ingeniero electrónico.

Ing. HÉCTOR FABIO ROJAS
Director

Ing. JORGE OROBIO OBANDO
Director

Santiago de Cali, Septiembre de 2008

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	19
RESUMEN	23
INTRODUCCION	24
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	26
2.1 OBJETIVO GENERAL	26
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
3. JUSTIFICACION	27
4. MARCO CONTEXTUAL	28
4.1 HISTORIA DE LA EMPRESA	28
4.1.1 Misión	28
4.1.2 Visión	28
4.2 LOCALIZACION DEL PROYECTO	29
4.2.1 Buenaventura	29
4.2.2 Aspectos físicos	29
4.2.3 Excelente ubicación y oferta de recursos naturales	30
5. MARCO TEÓRICO	31
5.1 GRÚA PÓRTICO	33
5.1.1 Definición grúa pórtico	33

5.1.2 Variadores de velocidad	34
5.1.3 Sistema gantry	36
5.1.4 Sistema hoist	38
5.1.5 Sistema boom	40
5.1.6 Sistema Trolley	42
5.1.7 Protección del sill beam	44
5.2 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE	44
5.2.1 Historia	45
5.2.2 Funciones del plc	47
5.2.3 Características generales de un sistema basado en plc	47
5.2.4 Ventajas del plc	48
5.2.5 Desventajas del plc	49
5.2.6 Plc ge fanuc serie 90-30	49
5.2.7 Field control	52
5.2.8 Spreader	56
6. METODOLOGÍA	60
6.1 PLANTEAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDADES	60
6.1.1 Importancias relativas de las necesidades	60
6.2 BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	60
6.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO	60
6.4 ESTRATEGÍA DE CONTROL	65
6.5 SOFTWARE LOGIC MASTER 90	66

6.5.1 Programación	70
6.5.2 Bloque de subrutina	70
6.5.2.1 Ejemplos del uso de bloques de subrutina	71
6.5.3 Como se llama a los bloques de subrutina	72
6.5.4 Creando o editando un programa lógico	73
6.5.4.1 Declaración de variables	75
6.5.4.2 Declaración de bloques	75
6.5.4.3 Inicio/fin del programa lógico	75
6.5.4.4 Introducción elementos lógicos en el programa	76
6.5.4.5 Introducción de funciones	78
6.5.4.6 Salir de la edición del programa	79
6.5.4.7 Tabla de declaración de variables	79
6.5.4.8 Elementos de un programa lógico de contactos	81
6.6 Genius Bus Controller	87
6.6.1 Arquitectura abierta para la red genius	92
6.6.2 Visión general de las comunicaciones y de bus	92
6.6.3 Características técnicas	93
6.6.4 Genius bus protocolo	94
6.6.5 Características y beneficios	99
6.7 ENTRADAS DISPONIBLES PARA LA PROGRAMACIÓN EN LOS MÓDULOS E/S (FIELD CONTROL)	100
6.8 LÓGICA DE CONTROL	102

6.8.1 Programación sistema hoist	110
6.8.2 Sistema gantry	118
6.8.3 Sistema boom	125
6.8.4 Sistema trolley	133
6.8.5 Hoist/Gantry drive control	140
6.8.6 Trolley / boom drive control	143
6.8.7 Blowers	145
6.8.8 Frenos de riel sistema gantry	147
6.8.9 Mando de control	150
6.8.9.1 Realizando movimiento boom	154
6.8.9.2 Realizando movimiento trolley	156
6.8.9.3 Realizando movimiento gantry	158
6.8.9.4 Realizando movimiento hoist	159
6.8.9.5 Accionamiento frenos de riel	161
6.8.9.6 Apagar grúa pórtico	162
7. RECOMENDACIONES	163
8. CONCLUSIONES	164
BIBLIOGRAFIA	166
ANEXOS	168

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especificaciones técnicas drive 1 sistema gantry	35
Tabla 2. Especificaciones técnicas drive 1 sistema hoist	35
Tabla 3. Especificaciones técnicas drive 2 sistema boom	35
Tabla 4. Especificaciones técnicas drive 2 sistema Trolley	35
Tabla 5. Especificaciones técnicas motores sistema gantry	37
Tabla 6. Especificaciones técnicas motores sistema hoist	39
Tabla 7. Especificaciones técnicas motores sistema boom	41
Tabla 8. Especificaciones técnicas motores sistema Trolley	43
Tabla 9. Especificaciones técnicas cpu serie 90-30	50
Tabla 10. Especificaciones técnicas generales plc serie 90-30	51
Tabla 11. Funciones menú principal	68
Tabla 11. Teclas de funciones	82
Tabla 12. Instrucciones software	82
Tabla 13. Características técnicas red genius	93
Tabla 14. Entradas control remoto	101
Tabla 15. Variables asociadas a la memoria lógica ALLOFF	104
Tabla 16. Variables control de velocidad movimiento hoist arriba	113
Tabla 17. Variables control de velocidad movimiento hoist abajo	114
Tabla 18. Variables movimiento hoist arriba	115

Tabla 19. Variables comando ejecución movimiento hoist arriba	116
Tabla 20. Variables control de velocidad movimiento gantry izquierda	120
Tabla 21. Variables control de velocidad movimiento gantry derecha	121
Tabla 22. Variables movimiento gantry izquierda	122
Tabla 23. Variables movimiento gantry derecha	124
Tabla 24. Variables control de velocidad movimiento trolley adelante	128
Tabla 25. Variables control de velocidad movimiento trolley reversa	129
Tabla 26. Variables movimiento trolley adelante	130
Tabla 27. Variables movimiento trolley reversa	131
Tabla 28. Variables control de velocidad movimiento boom arriba	134
Tabla 29. Variables control de velocidad movimiento boom abajo	135
Tabla 30. Variables movimiento boom arriba	136
Tabla 31. Variables movimiento boom abajo	138
Tabla 32. Control de velocidad sistema hoist	142
Tabla 33. Control de velocidad sistema gantry	143
Tabla 34. Control de velocidad sistema trolley	144
Tabla 35. Control de velocidad sistema boom	145
Tabla 36. Comandos activación blowers	146
Tabla 37. Distribución control remoto	152

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sociedad portuaria regional buenaventura	29
Figura 2. Puerto marítimo, Buenaventura – Valle del cauca	30
Figura 3. Puerto marítimo de Buenaventura	31
Figura 4. Esquema grúa pórtico ZPMC	33
Figura 5. Grúas pórtico puerto marítimo de Buenaventura	34
Figura 6. Gantry lado mar	36
Figura 7. Gantry lado mar	36
Figura 8. Gantry lado mar	37
Figura 9. Sistema gantry	38
Figura 10. Ubicación en la grúa de motores sistema gantry	38
Figura 11. Sistema Hoist descargando contenedores de la motonave	38
Figura 12. Sistema Hoist	39
Figura 13. Boom en posición parqueo 82,5 ° y posición operación 180 °	40
Figura 14. Tambor cable acero sistema Boom	41
Figura 15. Disco freno electro hidráulico sistema boom	42
Figura 16. Trolley en operación	42
Figura 17. Ubicación en la grúa de motores sistema Trolley	44
Figura 18. Primer PLC, MODICON	46
Figura 19. Plc serie 90-30, cpu 352 y 10 ranuras	49

Figura 20. Unidad de interfaz de Bus y módulos E/S	53
Figura 21. Conjunto, unidad de interfaz de bus y módulos E/S	54
Figura 22. Unidad de interfaz de Bus	55
Figura 23. Módulos de E/S	55
Figura 24. Spreader	56
Figura 25. Twistlock	57
Figura 26. Sistema telescópico	58
Figura 27. Brazo extensible o flipper	59
Figura 28. Proceso bajar boom	63
Figura 29. Proceso funcionamiento grúa pórtico	64
Figura 30. Estrategia para control de motores	66
Figura 31. Menú principal	68
Figura 32. Navegando por el menú logic master 90	69
Figura 33. Subrutinas	70
Figura 34. Ejemplo bloques de subrutinas	71
Figura 35. Reutilización de subrutinas	71
Figura 36. Auto llamado de subrutinas	72
Figura 37. Llamando subrutinas	72
Figura 38. Menú	73
Figura 39. Menú de funciones	74
Figura 40. Menú funciones f1	74
Figura 41. Empezar programación	74

Figura 42. Introducción de elementos lógicos	76
Figura 43. Introducción contactos	78
Figura 44. Contactos	77
Figura 45. Introducción funciones	78
Figura 46. Introducción parámetros para funciones	78
Figura 47. Declaración de variables	79
Figura 48. Variable declarada	80
Figura 49. Red genius	87
Figura 50. Cantidad de controladores de bus	88
Figura 51. Programador mano monitor	89
Figura 52. Montaje programador mano monitor	90
Figura 53. Programador mano monitor operador de trabajo fijo	91
Figura 54. Módulos E/S field control	91
Figura 55. Cantidad dispositivos en bus un de comunicación	95
Figura 56. Token passing	96
Figura 57. Diagnóstico módulos E/S	96
Figura 58. Detección de falla en diagnóstico	97
Figura 59. Transmisión de señales de salida	98
Figura 60. Comunicación de bus	99
Figura 61. Tabla de configuración de entradas cableadas y disponibles	101
Figura 62. Rutinas de programa 1	102
Figura 63. Rutinas de programa 2	103

Figura 64. Rutina RSTMOD	103
Figura 65. Programación RSTMOD 1	105
Figura 66. Programación RSTMOD 2	105
Figura 67. Programación RSTMOD 3	106
Figura 68. Programación RSTMOD 4	106
Figura 69. Programación RSTMOD 5	107
Figura 70. Programación RSTMOD 6	107
Figura 71. Programación RSTMOD 7	108
Figura 72. Programación RSTMOD 8	108
Figura 73. Rutina station	109
Figura 74. Programación rutina station	109
Figura 75. Rutina hoist	110
Figura 76. Rutina de control hoist	110
Figura 77. Permisivo para realizar movimiento hoist arriba	111
Figura 78. Permisivo para realizar movimiento hoist abajo	111
Figura 79. Permisivo general arranque sistema hoist	112
Figura 80. Control de velocidad movimiento hoist arriba	113
Figura 81. Control de velocidad movimiento hoist abajo	114
Figura 82. Requerimiento hoist arriba	115
Figura 83. Comando ejecución hoist arriba y requerimiento hoist abajo	116
Figura 84. Comando ejecución hoist abajo y comando general operación sistema hoist	117

Figura 85. Comando referencia ejecución sistema hoist	117
Figura 86. Rutina gantry	118
Figura 87. Rutina de control gantry y frenos de riel	118
Figura 88. Permisivo para realizar movimiento gantry izquierda y gantry derecha	119
Figura 89. Permisivo general arranque sistema gantry	120
Figura 90. Control de velocidad movimiento gantry izquierda y gantry derecha	121
Figura 91. Requerimiento gantry izquierda	122
Figura 92. Comando ejecución gantry izquierda	123
Figura 93. Requerimiento gantry derecha	123
Figura 94. Comando ejecución gantry derecha	124
Figura 95. Comando general operación sistema gantry	125
Figura 96. Comando referencia ejecución sistema gantry	125
Figura 97. Rutina Trolley	126
Figura 98. Rutina de control Trolley	126
Figura 99. Permisivo para realizar movimiento trolley adelante y trolley reversa	127
Figura 100. Permisivo general arranque sistema trolley	128
Figura 101. Control de velocidad movimiento trolley adelante y trolley reversa	129
Figura 102. Requerimiento trolley adelante	130
Figura 103. Comando ejecución trolley adelante	131
Figura 104. Requerimiento trolley reversa	132

Figura 105. Comando ejecución trolley reversa y comando general operación sistema Trolley	132
Figura 106. Comando referencia ejecución sistema trolley	133
Figura 107. Permisivo general arranque sistema boom	134
Figura 108. Control de velocidad movimiento boom arriba	135
Figura 109. Control de velocidad movimiento boom abajo	136
Figura 110. Requerimiento detener movimiento boom y requerimiento boom arriba	137
Figura 111. Comando ejecución boom arriba	137
Figura 112. Requerimiento boom abajo	138
Figura 113. Comando ejecución boom abajo	139
Figura 114. Comando general operación sistema boom	139
Figura 115. Comando referencia ejecución sistema boom	140
Figura 116. Drive control hoist / gantry	140
Figura 117. Rutina control drive hoist / gantry	141
Figura 118. Referencia control de velocidad sistema hoist	141
Figura 119. Referencia control de velocidad sistema gantry	142
Figura 120. Drive control trolley / boom	143
Figura 121. Rutina control drive trolley / boom	143
Figura 122. Referencia control de velocidad sistema trolley	144
Figura 123. Referencia control de velocidad sistema boom	145
Figura 124. Rutina blowers	145
Figura 125. Encendido blowers sistemas hoist, trolley y boom	146

Figura 126. Subrutina frenos de riel	147
Figura 127. Accionamiento frenos de riel	147
Figura 128. Sacar frenos de riel	148
Figura 129. Sacar frenos de riel	148
Figura 130. Sacar frenos de riel	149
Figura 131. Permisivo funcionamiento frenos de riel	149
Figura 132. Push Button	150
Figura 133. Selector	150
Figura 134. Contacto normalmente abierto y contacto cerrado	150
Figura 135. Conexión mando de control	151
Figura 136. Distribución control remoto	152
Figura 137. Encendido control remoto	153
Figura 138. Boom en posición vertical 180°	153
Figura 139. Realizando movimiento boom	154
Figura 140. Realizando movimiento boom abajo	155
Figura 141. Boom bajando	155
Figura 142. Realizando movimiento boom arriba	156
Figura 143. Realizando movimiento trolley	156
Figura 144. Realizando movimiento trolley adelante	157
Figura 145. Realizando movimiento Trolley reversa	157
Figura 146. Realizando movimiento gantry	167
Figura 147. Realizando movimiento gantry derecha	158

Figura 148. Realizando movimiento gantry izquierda	159
Figura 149. Realizando movimiento hoist	159
Figura 150. Realizando movimiento hoist abajo	160
Figura 151. Realizando movimiento hoist arriba	160
Figura 152. Accionamiento frenos de riel	161
Figura 153. Sacar frenos de riel	161
Figura 154. Apagar control remoto	162

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Logicmaster 90 series 90-30	168
Anexo B. Autómatas programables	169
Anexo C. Series 90-30 programmable controller	170
Anexo D. PLC software products	171
Anexo E. Description of operation	172
Anexo F. Genius I/O system and communications	173
Anexo G. Logicmaster 90	174
Anexo H. Controller solutions	175
Anexo I. Field control	176
Anexo J. Series 90-30 PLCs	177
Anexo K. Freno de riel	178
Anexo L. Unidad hidráulica freno de riel	178
Anexo M. Micro switch freno de riel	179
Anexo N. Sistema de frenos electro hidráulico	179
Anexo Ñ. Estrategia de control	180

GLOSARIO

BOOMANTICOLISION: sensor conformado por líneas de acero y micro switches el cual impiden contacto de la estructura del boom con las motonaves que se encuentra por debajo de la grúa.

BLOWER: ventilador centrífugo (también jaula de ardilla-ventilador, ya que parece una rueda de hámster) es un dispositivo mecánico para mover el aire u otros gases. Cuenta con un ventilador compuesto por un número de palas del ventilador montado en torno a un eje.

BOOM: estructura que le permite al trolley desplazarse longitudinalmente encima de la embarcación.

CONFIGURACIÓN: en los programas, es la declaración de las opciones o características con las que deberá ejecutarse determinado programa.

COMPUTADOR: aparato que recibe información de entrada y que la procesa dando una información de salida según un programa preestablecido.

CONTROLADOR PROGRAMABLE: instrumento basado en microordenador que realiza funciones de secuencia, enclavamientos de circuitos y como complemento funciones de control PID.

E/S: entrada – salida.

ETHERNET: tecnología o estándar para redes de computadoras de área local (LAN), basada en tramas de datos con topología de bus y muy utilizada por su aceptable velocidad y bajo costo. Propuesto por el IEEE en su norma 802.3. El estándar inicial trabaja a 10 Mbps y 100 Mb/s, según el tipo de hardware utilizado.

FIELD CONTROL: familia de módulos de E/S distribuidas, para el control de los productos. FIELD CONTROL son adecuados para su utilización en una amplia gama de arquitecturas.

FLIPPER: accesorio del spreader nombrado brazos extensibles de accionamiento hidráulico.

FRENOS DE RIEL: frenos hidráulicos que suspende la grúa sobre los rieles cuando esta se encuentra en operación.

GANTRY: sistema principal de la grúa y estructura equipada con ruedas metálicas utilizada para la movilización de la grúa transversalmente.

GE: general electric.

GENIUS BUS CONTROLLER (GBC): red de comunicación. Utiliza para interfaces seriales de autobús Genius (módulos E/S) hacia un PLC serie 90-30. El GBC recibe y transmite datos de control de hasta 128 Bytes para soportar un máximo de 31 dispositivos en el bus de Genius.

GIRDER: estructura que le permite al TROLLEY desplazarse longitudinalmente encima del aproche, ubicada antes del BOOM.

GRÚA PÓRTICO: son estructuras de acero fabricadas en China, que permiten el cargue y descargue de contenedores de las motonaves que arriban al puerto de Buenaventura.

HEADBLOCK: estructura que permite enganchar el SPREADER.

HOIST: sistema principal de la grúa pórtico que permite el levante y descenso de los contenedores.

INTERFAZ: conexión e interacción entre elementos de hardware, programas y usuarios, es decir como la plataforma o medio de comunicación entre usuario o programa. Las interfaces de usuario son todos los dispositivos de ingreso de datos y los recursos gráficos de los sistemas que hacen posible la interacción entre la PC y el operador, también informan al operador sobre lo que puede hacer o sobre lo que está ocurriendo.

LIMIT SWITCH (FINAL DE CARRERA): dispositivo que conecta, desconecta, selecciona o transfiere uno o más circuitos.

LOGICMASTER 90-30: software de programación, este es parte de una familia de productos utilizados para configurar la línea completa de la serie 90-30 de los controladores programables.

MONITOREO: representa al proceso que evalúa la calidad del control en el tiempo y permite al sistema reaccionar en forma dinámica cambiando cuando las circunstancias así lo requieran.

MOTONAVE: cualquier construcción cóncava y fusiforme de madera, metal u otro material, capaz de flotar en el agua y que se utiliza como medio de transporte.

MOTOR DC: máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotativo.

PLC: dispositivo diseñado para controlar en tiempo real la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos secuenciales industriales; también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores PID.

PROCESO: es cualquier actividad o secuencia de operaciones lógicas ordenadas cuyo fin es la obtención de unos resultados determinados.

PROGRAMADOR MANO MONITOR, equipo que proporciona una interfaz cómoda para la supervisión, configuración y diagnósticos de los Genius Bloques.

PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN: grupo de normas de comunicación cuyo objetivo es la conexión de telecomunicaciones cuando se mandan señales de un sitio a otro.

PUERTO MARÍTIMO: conjunto de obras, instalaciones y servicios que suministran el espacio de aguas tranquilas necesarias para la estancia segura de los buques, mientras se realizan las operaciones de carga, descarga y almacenaje de las mercancías y el tránsito de viajeros.

SENSOR: dispositivo que detecta el valor de una variable de proceso, manifestaciones de cualidades o fenómenos físicos como la velocidad, aceleración, temperatura, nivel, etc. Es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro elemento, lo cual permite la transducción del estímulo a una señal utilizada directa o indirectamente como medida.

SEÑAL: salida o información que emana de un instrumento. Información representativa de un valor cuantificado.

SEÑAL DE SALIDA: señal producida por un instrumento que es función de la variable medida.

SEÑAL DE SALIDA ANALÓGICA: señal de salida del instrumento que es función continua de la variable medida.

SEÑAL DE SALIDA DIGITAL: señal de salida del instrumento que representa la magnitud de la variable medida en forma de una serie de cantidades discretas codificadas en un sistema de notación.

SILL BEAM: parte estructural inferior de la grúa pórtico.

SLOW DOWN: velocidad mínima que pueden alcanzar todos los sistemas de la grúa pórtico, 20% de la velocidad máxima de cada sistema.

SPREADER: equipo especializado utilizado en las grúas pórtico para capturar contenedores.

STOWPIN: freno de seguridad utilizado para bloquear movimiento de manera física mientras se este realizando trabajos de mantenimiento sobre los sistemas gantry o trolley.

SWITCH: dispositivo que conecta, desconecta, selecciona, o transfiere uno o más circuitos y no esta diseñado como un controlador, un relay o una válvula de control.

TROLLEY: conjunto de equipos conformado principalmente por un carro que mueve la cabina de operación permitiendo desplazar la carga de forma longitudinal encima de la motonave, a través del GIRDER y la estructura del BOOM.

VARIADOR DE VELOCIDAD DC: dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores DC.

ZPMC: shanghai zhenzua port machinery co.

RESUMEN

El presente proyecto expone el desarrollo de un control remoto para grúa pórtico con el que se realizarán los principales movimientos de la misma, en el momento de la realización del mantenimiento preventivo y correctivo en las grúas pórtico ZPMC de la SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL DE BUENAVENTURA S.A., que inicialmente se realizaba con la presencia de un operador de grúa pórtico para realizar movimientos muy lentos y precisos, además estar largas horas desempeñando esta engorrosa función. Para esta necesidad particular se diseñó una estrategia de control que vincula interfaces FIELD CONTROL, GENIUS BUS CONTROLLER (GBC), PLC y VARIADORES DE VELOCIDAD para el funcionamiento del conjunto de motores que suministran el movimiento a cada uno de los movimientos principales de una grúa pórtico.

Es importante mencionar que esta integración se logra mediante el diseño de una red industrial propietaria de las grúas pórtico genius bus controller (GBC); que permite la emisión y recepción de una cantidad de variables hacia los principales dispositivos y actuadores del proceso, control de encendido y apagado, entre otras de sus ventajas.

Se utilizó la comunicación existente GBC para el sistema de control entre el hombre y el controlador principal encargado de la lógica de funcionamiento de todo el sistema.

Consecuentemente con la solución planteada se incluyó el montaje de un control remoto para optimizar el proceso.

Este documento es el resultado de una ingeniería de detalle que propone una alternativa de solución para facilitar y optimizar la ejecución del mantenimiento y las reparaciones, puesto que no se requiere la intervención de un operador calificado, además el personal técnico tendría completa autonomía y control de los mandos de la grúa.

INTRODUCCIÓN

La globalización de los mercados ha aumentado significativamente el volumen de carga movilizadora por los diferentes puertos del mundo, trayendo consigo un mayor reto para los terminales portuarios; el de desarrollar con calidad un plan logístico para el uso apropiado de la carga. Es allí donde juega un papel muy importante las grúas pórticos para contenedores que permiten optimizar los procesos de cargue y descargue facilitando y agilizando el manejo de la carga; satisfaciendo las altas exigencias de las motonaves que arriban a los puertos y la de los clientes que transportan sus productos por medio de transporte marítimo.

El terminal marítimo de Buenaventura solo cuenta con dos grúas pórtico para contenedores, constituyendo un factor determinante para el terminal porque de ellas depende en gran magnitud el rendimiento y la productividad del mismo. Por esta razón es de gran importancia realizarles oportunamente los mantenimientos preventivos y correctivos para erradicar cualquier falencia que pueda presentarse fuera o dentro de la operación y que garanticen su buen funcionamiento. No obstante el mantenimiento de las grúas no es de completa responsabilidad por parte del personal técnico sino que también interfiere el operador que es quien maniobra la grúa; la carencia de este en un momento determinado retrasan las labores de mantenimiento y reparación lo cual detiene las actividades del puerto.

Este proyecto está enfocado en ayudar al personal de mantenimiento a realizar las maniobras que se requieren para el movimiento de la grúa, facilitando y optimizando la ejecución del mantenimiento y reparación con completa autonomía y control de los mandos de la grúa en ausencia de un operador.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El terminal marítimo de Buenaventura es el principal puerto sobre el Pacífico Colombiano, por medio del cual transita aproximadamente el 75% de la carga que se exporta e importa en Colombia, contribuyendo activamente al crecimiento económico de la nación.

La SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL DE BUENAVENTURA S.A. SPRBUN es la empresa que administra el terminal marítimo y entre sus principales objetivos esta velar por la eficiencia operativa del puerto. Para contribuir con ese objetivo SPRBUN tiene actualmente para el servicio del puerto dos grúas pórticos sobre rieles postpanamax Ship to Shore STS, marca ZPMC (Shanghai Zhenhua Port Machinery Co), con las cuales se agiliza el cargue y descargue de contenedores en las motonaves.

Las grúas son operadas exclusivamente por personal altamente calificado quienes son los encargados del manejo y control de todos los movimientos que dispone la grúa para su correcto funcionamiento en las maniobras de descargue y embarque de contenedores.

Teniendo en cuenta que las grúas solo pueden ser maniobradas por el operador, generalmente desde la cabina de operación, en algunas ocasiones se presentan dificultades para realizar pruebas de funcionamiento a los diferentes mecanismos de la grúa durante el mantenimiento preventivo o en reparaciones, debido a la tergiversación de la información vía radio frecuencia por interferencia, una inadecuada coordinación entre el operador y el personal técnico, e incluso falta de un operador. Esta situación conlleva a demoras sustanciales en las labores de mantenimiento y/o reparaciones, afectando nocivamente la disponibilidad operativa de la grúa.

El diseño e implementación de un control remoto desde el cual se puedan realizar todos los movimientos principales de una grúa pórtico es una alternativa de solución para facilitar y optimizar la ejecución del mantenimiento y las reparaciones, puesto que no se requiere la intervención de operadores calificados además, el personal técnico tendría completa autonomía y control de los mandos de la grúa.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseño de un dispositivo que permita realizar a distancia los sistemas de Trolley, Hoist, Gantry y Boom en una grúa pórtico.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender claramente el funcionamiento del programa y aplicaciones de la grúa.
- Diseñar el programa lógico de control para el funcionamiento y monitoreo del control remoto.
- Identificar el protocolo para la comunicación de las señales del control remoto hacia el PLC.
- Diseñar un control remoto para realizar maniobras de la grúa pórtico.
- Diseñar manual de funcionamiento para realizar maniobras de la grúa pórtico.
- Verificar el funcionamiento de la red Genius Bus Controller conectada entre los Field Control y el PLC a utilizar. (En caso de implementación).
- Ejecutar los movimientos de la grúa pórtico con el control remoto. (En caso de implementación).

3. JUSTIFICACIÓN

Una de las principales tareas de la Sociedad Portuaria es aplicar un plan logístico para mantener un flujo efectivo de la carga dentro del muelle; para ello se hace indispensable el uso de las grúas pórtico, las cuales facilitan esta labor permitiendo a la empresa evacuar en menor tiempo la totalidad de la carga que arriba o sale del puerto. Para la empresa es muy importante mantener su rendimiento operacional debido a los altos volúmenes de carga que se maneja diariamente en el puerto de Buenaventura.

Las empresas que alcanzan un alto desarrollo productivo son aquellas que realizan mejoramientos continuos para alcanzar la calidad total y ofrecer mejores productos y servicios a los clientes o usuarios que cada vez son más exigentes. Una forma de llevar a cabo este objetivo es buscando la optimización de todos sus procesos.

Pensando en una manera de contribuir a alcanzar una mayor productividad y mantener la competitividad de la empresa se propone realizar una mejora en el área de mantenimiento y reparación de equipos portuarios, realizando un dispositivo que permita al personal técnico tener mayor autonomía, confianza y control de los movimientos que se requieren para las labores de mantenimiento y reparación de las grúas pórticos, para garantizar su buen estado y funcionamiento; teniendo en cuenta que el terminal solo cuenta con dos grúas y una falla en cualquier parte de sus estructuras alteraría el manejo de la carga, causando demoras en el cargue, descargue y despacho de las motonaves, puesto que algunas de estas embarcaciones dependen en su totalidad del servicio de grúa pórtico que presta el terminal; lo cual implica un aumento considerable de los costos operativos para la Sociedad Portuaria como para los demás empresas que intervienen en este proceso; al retrasar el flujo logístico de la carga por falla de alguna grúa en las instalaciones del terminal marítimo se presenta una innumerable perdida de dinero, estimados en pago horas extras operadores, multas por demoras en el proceso de cargue y descargue de mercancía, retraso en despacho de motonaves en el terminal marítimo, almacenaje, pago a otros entes logísticos, entre otros.

El control remoto estará conectado y programado con el sistema operativo de la grúa (Autómata Programable), permitiendo al personal técnico realizar con autonomía y mayor exactitud los movimientos que se requieran para el mantenimiento o reparación de la grúa pórtico sin la intervención de un operador y sin la necesidad de llegar hasta la cabina de mando a efectuar los movimientos; agilizando la labor de mantenimiento y reparación para que la empresa pueda continuar con su ritmo laboral y cumplir a cabalidad con la misión establecida.

4. MARCO CONTEXTUAL

4.1. HISTORIA DE LA EMPRESA

Para adecuar la infraestructura de los terminales marítimos de Colombia a las nuevas necesidades del comercio internacional a través de la expedición de la Ley primera (1) de enero 10 de 1991, el Estado motivó la conformación de empresas privadas para administrar y operar las instalaciones portuarias del país, antes manejadas por la entidad estatal "Puertos de Colombia".

En este marco de privatización de la actividad portuaria, el 21 de diciembre de 1993 se constituyó la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura S.A., que recibió de manos del Presidente de la República de Colombia, César Gaviria Trujillo, el 17 de marzo de 1994, la concesión para la administración del Terminal Marítimo de Buenaventura durante 20 años, en el período comprendido entre 1994 y 2014.

La Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura S.A. es una empresa de economía mixta, regida por el derecho privado. El 83% de su participación accionaria pertenece a empresarios privados conformados por importadores, exportadores, operadores portuarios, líneas navieras, gremios, extrabajadores portuarios y personas naturales. El 15% restante está en manos del sector público integrado por la Alcaldía de Buenaventura y el 2% para el Ministerio de Transporte.

4.1.1 Misión. Prestamos y facilitamos servicios portuarios y logísticos con calidad, seguridad y efectividad, satisfaciendo las necesidades de los clientes, con tecnología y talento humano competente generando rentabilidad para los accionistas y contribuyendo al desarrollo sostenible de Buenaventura.

4.1.2 Visión. Ser en el año 2010 un puerto líder por la efectividad de sus servicios portuarios y logísticos en el contexto internacional, con una excelente atención al cliente, tecnología de avanzada, optima infraestructura, alianzas estratégicas y talento humano calificado; participando en el desarrollo sostenible de Buenaventura.

4.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto diseño de control remoto para grúa pórtico se realizara en la SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL DE BUENAVENTURA S.A. en el departamento de mantenimiento y equipos portuarios, específicamente en las grúas pórtico ZPMC 1 y 2.

La SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL DE BUENAVENTURA se encuentra cerca del canal de Panamá, equidistante entre Vancouver y Valparaíso. Es uno de los puertos del continente americano más cercanos al Lejano Oriente.

Está en el centro del mundo, cerca de las principales rutas marítimas que atraviesan el planeta de norte a sur y de oriente a occidente. Las condiciones geográficas le permiten ser un puerto concentrador y de transbordo, optimizando el uso de los barcos de gran porte.

Figura 1. Sociedad portuaria regional buenaventura



Fuente: Ubicación Geográfica [en línea]. Buenaventura: Sociedad Portuaria Regional Buenaventura, 2008. [Consultado 4 de Febrero de 2008]. Disponible en Internet: http://www.sprbun.com/navieras/ubi_geografica.php.

4.2.1 Buenaventura. Esta situada en la zona suroccidental de la República de Colombia, en las coordenadas 3° 53" de latitud norte, 77° 05" de longitud al oeste del meridiano de Greenwich.

Buenaventura, por su localización geoestratégica, es la puerta de Colombia hacia la cuenca del pacífico, zona geoeconómica y comercial de mayor dinamismo y potencial en el mundo.

4.2.2 Aspectos físicos. Es el municipio de mayor extensión en el departamento del Valle del Cauca con un área de 6.297 Km² (29.7% del área total del departamento), de las cuales zona urbana posee un área de 2.160,9 Ha.

La ciudad consta de una zona insular (Isla de cascajal) donde se concentra la mayoría de las actividades económicas y de servicios, y otra continental, esta

última con una vocación principalmente residencial. Administrativamente la cabecera ha sido dividida en 12 comunas, con aproximadamente 158 barrios y su zona rural con 19. Su configuración se ha dado en forma longitudinal a lado y lado de la vía principal, la avenida Simón Bolívar, aproximadamente 13 Km., la cual comunica a la ciudad con el interior del país.

El municipio de Buenaventura esta localizado en el flanco occidental de la misma cordillera en el sur occidente de la república de Colombia. Es el municipio de mayor extensión en el departamento del Valle del Cauca.

Limita por el norte con el departamento del Chocó, por el oriente con los municipios de Jamundí y Cali, Dagua, Calima y Darién; por el sur con el departamento del cauca y por el occidente con el Océano Pacífico. Un alto porcentaje de sus tierras son selvas vírgenes e inhóspitas.

4.2.3 Excelente ubicación y oferta de recursos naturales. Para posicionar a Colombia en la cuenca del pacífico el país cuenta con la inmensa y rica región de la costa pacífica. Cuya excelente ubicación geoestratégica ya fue descrita en términos resumidos y contundentes por los antioqueños al señalarla como parte de la “mejor esquina de América”. El hecho de estar localizada en un punto geométricamente equidistante entre el norte y el sur del continente hace que desde aquí sea mucho más barato llegar hacia uno u otro extremo del mismo. Su proximidad al canal de Panamá, sitio en el que converge gran parte del comercio entre Asia Oriental y Europa le confiere la posibilidad de ocupar un importante sitio en la cadena de distribución física entre estas dos grandes regiones. Esta región además alberga el 60% de los recursos forestales del país, el 80% del potencial pesquero de la nación, es reconocida internacionalmente como una de las más ricas en biodiversidad del planeta, con abundantes recursos hídricos en un mundo en el que cada vez es más escaso el recurso agua, con probables importantes recursos mineros en el subsuelo marino y dotada de una de las mejores y más abrigadas bahías para la navegación marítima en el mundo.

Figura 2. Puerto marítimo, Buenaventura – Valle del cauca



Fuente: Ubicación Geográfica [en línea]. Buenaventura: Sociedad Portuaria Regional Buenaventura, 2008. [Consultado 4 de Febrero de 2008]. Disponible en Internet: http://www.sprbun.com/navieras/ubi_geografica.php.

5. MARCO TEÓRICO

Dentro de la cadena del transporte, el puerto marítimo es el eslabón que permite el intercambio comercial entre el mar y la tierra.

Se define el puerto marítimo como el conjunto de obras, instalaciones y servicios que proporcionan el espacio de aguas tranquilas necesarias para la estancia segura de los buques, mientras se realizan las operaciones de carga, descarga y almacenaje de las mercancías y el tránsito de viajeros.

Figura 3. Puerto marítimo de Buenaventura



Fuente: Puerto Marítimo Buenaventura [en línea]. Buenaventura: Sociedad Portuaria Regional Buenaventura, 2008. [Consultado 31 de Enero de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.sprbun.com/corporativa/corporativa/fotos.php>.

En general, las funciones de un puerto son: comercial, intercambio modal del transporte marítimo y terrestre, base del barco y fuente de desarrollo regional.

Desde el punto de vista funcional, las obras y las instalaciones de un puerto se pueden clasificar por su ubicación.

- Así, en la zona marítima, destinada al barco, se disponen las obras de abrigo que protegen la zona de atraques del oleaje exterior, constituidas

fundamentalmente por los diques; las obras de acceso que facilitan el acceso del barco al puerto en condiciones de seguridad, garantizando su maniobrabilidad, anchura y calado adecuados. Entre ellas tenemos la señalización (radar, faros, balizas, radiofaros, boyas, etcétera), los diques de encauzamiento, canales dragados, esclusas; las obras de fondeo con la función de mantener el barco amarrado en aguas tranquilas a la espera de su turno de atraque en los muelles; y las dársenas que constituyen la superficie de aguas abrigadas aptas para la permanencia y operación de los barcos (de marea o de flotación, según estén o no sometidas a la acción de las mareas).

- En la zona terrestre, destinada fundamentalmente a la mercancía, nos encontramos con la superficie de operación terrestre constituida por los muelles, que además de facilitar el atraque y amarre de los barcos, sirven de soporte al utillaje y de acopio provisional de mercancías; y los depósitos que además de adecuar un espacio a las mercancías, sirven de regulación de los flujos marítimo-terrestres.
- En la zona de evacuación, destinada al transporte terrestre, debemos diferenciar las vías de acceso al puerto desde la Red de carreteras general, las de circunvalación o reparto y las de penetración a la zona de operación terrestre, con sus áreas de maniobra y estacionamiento.

El conjunto de servicios que presta un puerto se pueden clasificar en función del ámbito al que van destinados:

- Entre los servicios al barco tenemos la consigna, el practicaaje, el remolque, el avituallamiento, equipos y el mantenimiento.
 - Para los servicios a la mercancía tenemos la consigna, el estibaje, la aduana, la sanidad, la vigilancia y los servicios comerciales.
 - Los servicios al transporte terrestre son los de representación, reparación y estaciones de servicio.
 - Para terminar, el apartado de servicios varios, entre los que se encuentran los seguros, los bancarios, los mercantiles, los de comunicación, etc.
- La Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura S.A. SPRBUN es la empresa que administra el terminal marítimo de Buenaventura y entre sus principales objetivos esta velar por la eficiencia operativa del puerto. Para contribuir con ese objetivo SPRBUN tiene actualmente para el servicio del puerto dos grúas pórticos sobre rieles postpanamax Ship to Shore STS, marca ZPMC (Shanghai Zhenzua Port Machinery Co), con las cuales se agiliza el cargue y descargue de contenedores en las motonaves.

contenedores), entre otros, los anteriores dispositivos y partes que componen la grúa le permiten realizar varios movimientos para cumplir su principal objetivo, “Cargar y Descargar los contenedores del buque”.

Para controlar los movimientos principales, la grúa cuenta con dos variadores de velocidad (Drives).

Figura 5. Grúas pórtico puerto marítimo de Buenaventura



Fuente: Grúas Pórtico Zpmc [en línea]. Buenaventura: Sociedad Portuaria Regional Buenaventura, 2008. [Consultado 31 de Enero de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.sprbun.com/corporativa/corporativa/fotos.php>.

5.1.2 Variadores de velocidad. La grúa se equipa de dos Drives D.C. Las variadores de velocidad son: Uno controla los sistemas de Hoist/Gantry, señalado en el sistema de control con la variable HGPCA (GENERAL ELECTRIC 2000 M), y otro controla los sistemas de Trolley/Boom, señalado en el sistema de control con la variable TBPCA (GENERAL ELECTRIC 2000 CX). Los variadores de velocidad “comparten movimientos”, es decir, la operación simultánea de los sistemas de Hoist/Gantry o la operación de los sistemas de Trolley/Boom, no son permitidas por el sistema de control de la grúa pórtico, debido que los Drives GE DC2000 cuentan con el “FIRST COME -FIRST SERVE” (FCFS), primer venida - primer

servicio, asegurando que el actual movimiento está parado antes de que se ordene el sistema compartido.

Drive 1 (GE DC 2000 M):

- Sistema Gantry.
- Sistema Hoist.

Tabla 1. Especificaciones técnicas drive 1 sistema gantry

Voltios	500 v DC
Corriente	400 A
Corriente máxima	1012 A
Sobre corriente instantánea (IOC)	1518 A
Voltaje fuente AC drive	575 v AC

Tabla 2. Especificaciones técnicas drive 1 sistema hoist

Voltios	550 v DC
Corriente	1500 A
Corriente máxima	2370 A
Sobre corriente instantánea (IOC)	3555 A
Voltaje fuente AC drive	575 v AC

Drive 2 (GE DC 2000 CX):

- Sistema Boom.
- Sistema Trolley.

Tabla 3. Especificaciones técnicas drive 2 sistema boom

Voltios	550 v DC
Corriente	300 A
Corriente máxima	533 A
Sobre corriente instantánea (IOC)	800 A
Voltaje fuente AC drive	575 v AC

Tabla 4. Especificaciones técnicas drive 2 sistema trolley

Voltios	550 v DC
Corriente	300 A
Corriente máxima	572 A
Sobre corriente instantánea (IOC)	858 A
Voltaje fuente AC drive	575 v AC

5.1.3 Sistema gantry. Estructura equipada con ruedas utilizada para que la grúa pueda movilizarse transversalmente sobre rieles a lo largo del Aproche, para posicionarse en el costado de las motonaves, ya sea para embarcar o descargar contenedores.

Figura 6. Gantry lado mar



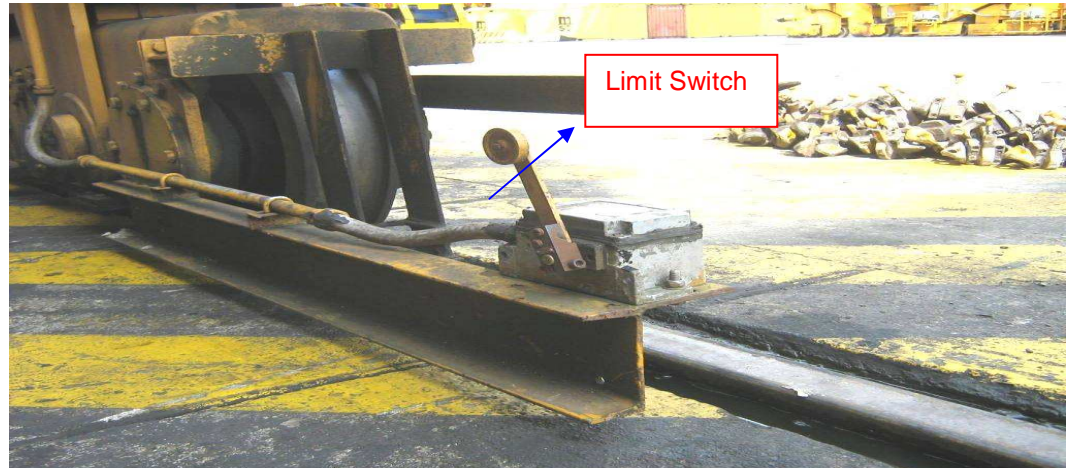
Figura 7. Gantry lado mar



Este sistema cuenta con cuarenta ruedas (40), diez (10) en cada una de las cuatro (4) patas de Gantry, donde solo cinco (5) de estas ruedas son impulsadas por los motores que este sistema posee; el movimiento de Gantry puede ser realizado por el operador siempre y cuando el sistema de control de la grúa cumpla con una serie de requerimientos para poder permitir realizar el movimiento, lo anterior se encuentra registrado en la programación del PLC. Para detectar obstáculos (por ejemplo otra grúa) a una distancia no superior a cinco metros, la grúa posee un sensor infrarrojo el cual al activarse reduce la velocidad en un 20% y un Limit switch o fin de carrera que la activarse suspende el movimiento inmediatamente impidiendo que la grúa colisione con un obstáculo (por ejemplo otra grúa). En el sistema gantry la grúa posee en cada una de sus cuatro (4) un freno hidráulico

denominado freno de riel el cual que suspende la grúa sobre los rieles cuando esta se encuentra en operación, ver anexos K, L y M.

Figura 8. Gantry lado mar



El sistema Gantry consta de ocho motores DC acompañados de sus respectivos reductores de velocidad y ventiladores de refrigeración (Blowers), cuatro en cada lado, dos para cada pata de Gantry, conectados en una configuración serie-paralela en la parte inferior de la grúa, conducidos por un Drive compartido GE DC2000 “M”.

Tabla 5. Especificaciones técnicas motores sistema gantry

MECANISMO	ESPECIFICACIONES		PROVEEDOR
Sistema Gantry	Capacidad	34HP (25kW)	GE (General Electric)
	Tipo	CD368AT Blower	
	Velocidad	1150 rpm	
	Voltaje	DC 250v	
	Corriente	110 Amperios	
	Velocidad	46 m/min	
	Funcionamiento		
	Q' y	8	

Figura 9. Sistema gantry

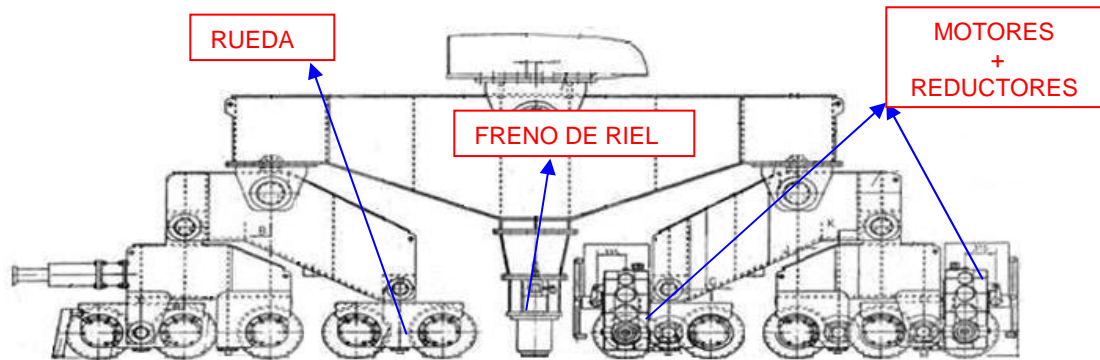
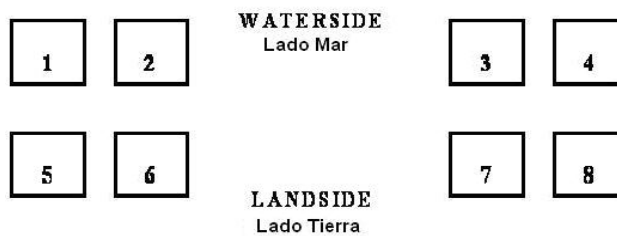


Figura 10. Ubicación en la grúa de motores sistema gantry



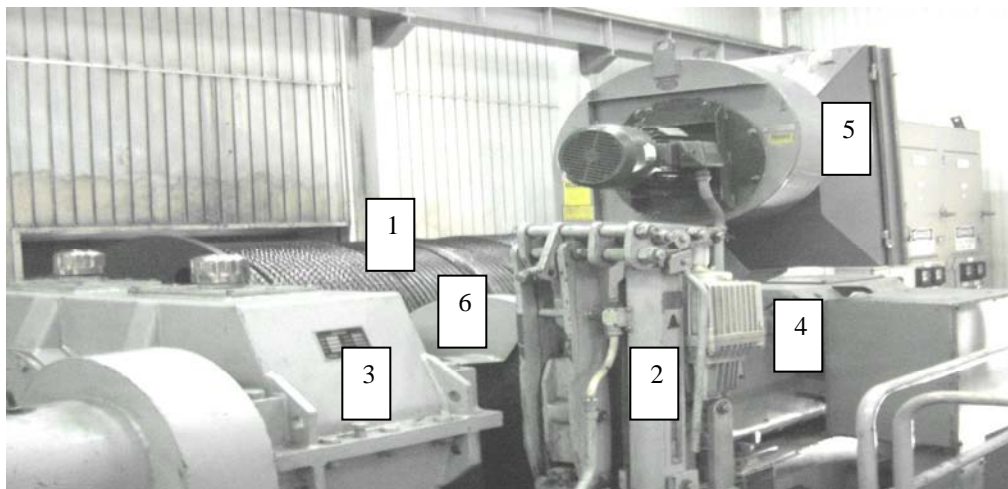
Los motores poseen un sistema de frenos electro hidráulico para detener el movimiento de los motores cuando estos no estén operando, ver anexo N.

5.1.4 Sistema hoist. Mecanismo que permite el levante y descenso de la carga sobre las motonaves.

Figura 11. Sistema Hoist descargando contenedores de la motonave



Figura 12. Sistema Hoist



- Tambor del cable de acero.
- Freno electro hidráulico (Thruster).
- Reductor motor de Sistema Hoist.
- Motor Sistema Hoist.
- Ventilación del motor para sistema Hoist (Blower).
- Disco para frenado a través del thruster

El sistema Hoist es accionado por dos motores DC conducidos por un Drive compartido GE DC2000 "M" conectados eléctricamente en serie, acoplados mecánicamente a un mismo eje, cada motor tiene acoplado su respectivo reductor de velocidad, ventiladores de refrigeración (Blowers) y a su vez los motores están engranados a tambores donde se envuelve los cables de acero que permiten subir y bajar el spreader o la carga. Los motores poseen un sistema de frenos electro hidráulico para detener el movimiento de estos cuando estos no estén operando, ver anexo N.

Tabla 6. Especificaciones técnicas motores sistema hoist

MECANISMO	ESPECIFICACIONES		PROVEEDOR
Sistema Hoist	Capacidad	402HP (300kW)	GE (General Electric)
	Tipo	CD6066 Blower	
	Velocidad	850/1700 rpm	
	Voltaje	DC 275V	
	Corriente	1185 Amperios	
	Velocidad	135 m/min sin carga	
	Funcionamiento	60 m/min con carga	
	Q'y	2	

5.1.5 Sistema boom. Estructura articulada la cual tiene dos posiciones fijas:

- Posición de parqueo, vertical (82,5°)
- Posición de operación, horizontal o nivel (180°)

En la posición de operación, el Boom permite el paso del Trolley (Cabina de Operación) desde el lado de tierra hacia el lado de mar y viceversa para el traslado de la carga hacia o desde las motonaves (embarque o descargue).

Figura 13. Boom en posición parqueo 82,5 ° y posición operación 180 °



Fuente: Grúas Pórtico Zpmc [en línea]. Buenaventura: Sociedad Portuaria Regional Buenaventura, 2008. [Consultado 31 de Enero de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.sprbun.com/corporativa/corporativa/fotos.php>.

El Boom debe estar en posición completamente horizontal (180°) para que la grúa entre en operación, de lo contrario el Trolley no se desplaza, esto lo realiza mediante sensores y dispositivos de control que monitorean permanentemente las posiciones de los mecanismos principales de la grúa.

El sistema Boom es accionado por un motor DC, el cual esta conectado eléctricamente, acoplado mecánicamente a un eje, este motor tiene acoplado su

respectivo reductor de velocidad, ventilador de refrigeración (Blower) y a su vez este va engranado a un tambor donde se envuelve los cables de acero que permiten subir y bajar el Boom.

Figura 14. Tambor cable acero sistema Boom



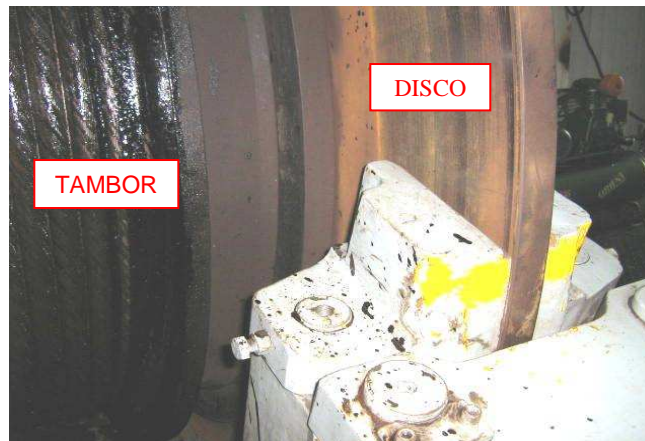
Tabla 7. Especificaciones técnicas motores sistema boom

MECANISMO	ESPECIFICACIONES		PROVEEDOR
Sistema Boom	Capacidad	177HP (132kW)	GE (General Electric)
	Tipo	CD504T Blower	
	Velocidad	1750 rpm	
	Voltaje	DC 550V	
	Corriente	254 Amperios	
	Velocidad	5 minutos	
	Funcionamiento Q'y	Recorrido Completo 1	

Para asegurar que dicho motor detenga al instante el movimiento de Boom ya sea de forma horizontal o vertical, se utiliza un sistema de frenado electro hidráulico, el

cual está engranado en la parte externa del tambor a través de un disco, cuando el Boom llega al final de su movimiento, el PLC o sistema de control de la grúa recibe una señal de este, desenergizando el motor que realiza el sistema Boom activando el sistema de frenos del motor.

Figura 15. Disco freno electro hidráulico sistema boom



5.1.6 Sistema trolley. Conjunto de equipos conformado principalmente por un carro que mueve la cabina de operación permitiendo desplazar la carga de forma longitudinal encima de la motonave, a través del Girder (estructura que le permite al Trolley desplazarse longitudinalmente encima del aproche, ubicado antes del Boom) y la estructura del Boom.

Figura 16. Trolley en operación



Para realizar este movimiento el Trolley y el resto de la grúa deben cumplir una serie de reglas.

- El Boom debe estar en posición horizontal.
- El operador encienda la grúa y su cabina de funcionamiento.
- El spreader esté a una altura moderada para no golpear la estructura de la grúa.
- Los frenos de los motores que componen la grúa deben estar aplicados, excepto los que permiten mover el Trolley.
- Verificación por medio de los encoders la posición del Trolley.

El sistema Trolley y el sistema Hoist están estrechamente relacionados debido a que dependiendo de la posición del trolley le permite al movimiento de Hoist variar la longitud de bajada, es decir cuando el Trolley llega a un punto del Boom medido por un sensor de posición, le permite al Hoist bajar unos metros mas de lo normal (33m), es decir (15,5m) más para poder llegar a las bodegas internas que poseen los buques (bodegas que se encuentran por debajo de la altura del muelle).

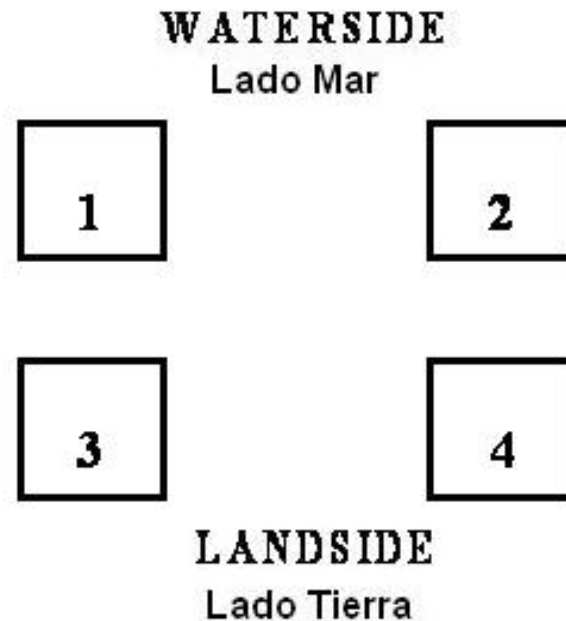
El sistema Trolley es accionado por cuatro motores DC acompañados con sus ventiladores de refrigeración (Blowers) y conducidos por un Drive GE DC2000 "CX"; los motores se encuentran sincronizados para tener un arranque parejo al momento de realizar movimiento de Trolley.

Tabla 8. Especificaciones técnicas motores sistema trolley

MECANISMO	ESPECIFICACIONES		PROVEEDOR
Sistema trolley	Capacidad	47HP (35kW)	GE (General Electric)
	Tipo	CD409T Blower	
	Velocidad	1380 rpm	
	Voltaje	DC 275V	
	Corriente	130 Amperios	
	Velocidad	210 m/min	
	Funcionamiento	Carga Completa	
	Q'y	4	

Los motores poseen un sistema de frenos electro hidráulico para no permitirle movimiento al Trolley mientras no se encuentra en operación, ver anexo N.

Figura 17. Ubicación en la grúa de motores sistema trolley



5.1.7 Protección del sill beam. El sistema Hoist hace parte de algunos requerimientos para la protección de la grúa y el funcionamiento de otros sistemas como: Trolley. El principal requerimiento es no dejar mover el trolley si el sistema Hoist no ha alcanzado una altura requerida para no golpear algún obstáculo con el spreader, headblock o el contenedor.

Otra protección es que si el sistema Hoist se encuentra a una altura (5 MTS) muy cerca del aproche o parte superior de la Grúa el sistema de control de la grúa regula la velocidad del sistema Hoist, entrando en la mínima velocidad que pueden alcanzar todos los sistemas de la grúa (SLOW DOWN O 20% DE LA VELOCIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA), para no permitir golpear bruscamente el spreader, headblock o el contenedor con el aproche o con la parte superior de la grúa.

5.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Un controlador lógico programable o PLC, es toda maquina eléctrica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio real y en medio industrial en procesos

secuenciales manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, conteos y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.

La función básica de los autómatas programables es la de reducir el trabajo del usuario a realizar el programa, es decir la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida, puesto que los elementos tradicionales "relés auxiliares, de enclavamiento, de temporizadores, contadores" son internos.

Controlador Lógico Programable (PLC) es un dispositivo de estado sólido, utilizado para el control de procesos, control de máquinas e información de procesamiento. El PLC resuelve un programa almacenado en su memoria y recibe realimentación de dispositivos de campo de entrada y salida.

El PLC lee datos de los sensores de campo, resuelve su programa y envía comandos de salida a los dispositivos de control en campo. El proceso de leer entradas, resolver el programa y controlar las salidas es repetido continuamente y se le conoce como "SCAN".

El Controlador Lógico Programable fue originalmente construido como un sustituto de los paneles de control por relevadores, con la idea de tener una "secuencia lógica" almacenado en un programa en lugar de conexiones entre relevadores. Esto permite que los cambios a ser realizados en la secuencia se realizan en el programa, rápidamente y con un mínimo de modificaciones en el alambrado.

La evolución del PLC ha continuado y en éstos tiempos los PLC's no únicamente solucionan las necesidades de remplazar relevadores, sino que permiten la integración de funciones tales como el control analógico, adquisición de datos, control de alarmas, generación de reportes y más.

Los nuevos PLC's proveen la mejor opción para adquirir datos e integrar información desde el nivel de planta de proceso a computadoras en redes de comunicación local o cualquier computadora, permitiendo obtener información estadística para la generación de reportes, ayudando a la mejor toma de decisiones.

5.2.1 Historia. Los primeros sistemas de PLC aparecieron a finales de los años sesenta y principios de los años setenta. Estos se crearon inicialmente para la industria automotriz. Tradicionalmente, las plantas de automóviles debían apagarse por completo al momento de cambiar el modelo en producción, como lo afirma Piedrahita:

Los primeros modelos de PLC, que se implementaron al mismo tiempo que otras técnicas de automatización, lograron reducir el tiempo que la planta debía estar detenida. La reprogramación del PLC por medio de un teclado reemplazó el realumbrado de un panel lleno de cables, relés, temporizadores y otros componentes, la primera de estas formas resulta mucho más fácil y rápida. El primer controlador lógico programable fue el MODICON (Modular Digital Controller); el modelo 084 fue desarrollado por Dick Morley en 1969. En la figura 15. Podemos ver una ilustración de uno de estos controladores. Estos primeros autómatas presentaban igualmente problemas con los procedimientos de reprogramación, debido a que los programas eran complicados y para realizar los cambios se requería un programador con experiencia. A través de la década de 1970 se realizaron mejoras a estos dispositivos para hacerlos más amigables con el operador.¹

En 1978 se le introdujo un chip microprocesador que incrementó la capacidad de automatización del sistema y redujo los costos; además se desarrollaron programas más accesibles para las personas en general, escritos en lenguaje de alto nivel. En la década de 1980 se incrementó considerablemente el uso de los PLC debido a sus mejores características, y se extendieron sus aplicaciones a diversas áreas, como generación de energía y sistemas de seguridad. En los años 1990 también se empezó a explotar su uso en hogares, equipos médicos, y sus aplicaciones siguen aumentando.

Figura 18. Primer PLC, MODICON



Fuente: Controladores, Allenbradley [en línea]. Bogotá D.C.: Rockwell, 2003. [Consultado 17 de Enero de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.ab.com/controllers>.

¹ PIEDRAHITA, Moreno. Aplicación de controladores lógicos. 4 ed. México: Alfaomega, 2003. p. 224.

5.2.2 Funciones del PLC. El control lógico programable (PLC) procesa señales binarias de entrada y las convierte en señales de salida; con éstas se pueden controlar directamente secuencias mecánicas, procesos fabriles totales o parciales, etcétera.

Los posibles campos de aplicación de un PLC son casi innumerables. Los controles lógicos programables se utilizan hoy principalmente para las siguientes funciones:

- Control de procesos. En esta función, el PLC se encarga de que cada paso o fase del proceso sea efectuado en el orden cronológico correcto y sincronizado.
- Visualización de instalaciones. En este caso, el PLC verifica automáticamente ciertas condiciones de la instalación (Ej. temperaturas, presiones, niveles). Cuando en su comprobación, el control registra un exceso en los coeficientes máximos o mínimos de los parámetros, actúa de dos formas; adopta las medidas necesarias para evitar deterioros o desperfectos, o emite señales de aviso para el personal de servicio.
- Control de puesta a punto para máquinas CNC. Las máquinas herramientas modernas casi siempre están dotadas de un control numérico computarizado (CNC). El tornero o fresador ya no pone a punto su máquina ajustando manivelas y tornillos. En lugar de ello, programa un control numérico computarizado. Este se encarga entonces de realizar automáticamente los ajustes precisos para trabajar la pieza correspondiente. Pero para que el CNC y la máquina herramienta se entiendan, es preciso integrar un PLC el cual se encargará de la comunicación entre ambos equipos.

5.2.3 Características generales de un sistema basado en PLC. Existen cinco características que engloban en forma total las bondades de un sistema de control basado en PLC's, a continuación se da una breve descripción de cada una de ellas:

- Modular. Esto se refiere a que el sistema de control puede ser armado con una serie de módulos electrónicos de varios tipos y tamaños que reflejen las necesidades en tamaño y función del proceso.
- Escalable. Esta característica hace referencia a que una vez construido el sistema de control, se tiene la alternativa de que siga creciendo sin tener que cambiar o modificar lo ya construido, además permite incluir tecnologías nuevas sin tener que desechar la estructura básica existente.
- Distribuido. Esto se refiere a la distribución geográfica de los equipos de control a lo largo de toda la planta sin perder poder de controlar el sistema en

forma integral, para esto se utilizan unidades remotas conectadas al procesador principal. Esta característica permite al usuario ahorrarse materiales en la instalación eléctrica, cable y mano de obra, puesto que los equipos interactúan entre sí transfiriéndose mucha información utilizando como medio de comunicación un cable de tres conductores en distancias máximas de hasta 3Km.

- **Configurables.** Aquí hace referencia a la alta disponibilidad de utilizar diferentes tipos de módulos de entradas y salidas, así como de diferentes procesadores de diferentes capacidades de puntos de entradas/salidas (instrumentos) para ser integrados a los requerimientos del proceso. Es importante mencionar que todos estos equipos son configurables en base a las necesidades.

- **Programación Abierta.** Estos sistemas son abiertos hacia el usuario, es decir, el usuario puede realizar las modificaciones que se crean convenientes para mejoras del proceso, esta característica le da al cliente la opción de no depender del fabricante para realizar modificaciones al sistema cuando el proceso lo requiera. Dos características importantes son que estos equipos pueden soportar temperaturas de hasta 60 grados centígrados y porcentajes de humedad relativa del 90 % sin condensación.

5.2.4 Ventajas del PLC.

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
- No es necesario dibujar el esquema de contactos.
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general. La capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminamos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de operación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos PLC's pueden detectar e indicar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo PLC.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el PLC sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.
- Comunicaciones digitales con otros PLC's y computadores, por ejemplo tipo PC para conformar sistema SCADA (HMI /MMI).

5.2.5 Desventajas del plc. Como inconvenientes podríamos decir en primer lugar que hace falta un programador, lo que obliga a capacitar a uno de los técnicos en tal sentido. Existe otro factor importante como el costo inicial, que puede o no ser un inconveniente según las características del automatismo en cuestión. Dado que el PLC cubre ventajosamente un amplio espectro de aplicaciones y de reemplazo de la lógica cableada, es preciso conocerlo tanto en su amplitud como en sus limitaciones. Por tanto, aunque el costo inicial debe ser tenido en cuenta a la hora de decidirse por uno u otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para asegurarnos una decisión acertada.

5.2.6 Plc ge fanuc serie 90-30. La Serie 90E-30 Controlador Lógico Programable (PLC) utilizado para el desarrollo del proyecto, es un miembro de la GE Fanuc Serie 90E PLC familia de avanzadas Controladores Lógicos Programables (PLC). Es fácil de instalar y configurar, ofrece características avanzadas de programación y está diseñada para la compatibilidad con otros plc's en la Serie 90 la familia de plc's.

Los PLC Serie 90-30 han sido instalados en diversas aplicaciones tales como: sistemas empaquetadores de alta velocidad, planta de tratamiento de agua, monitoreo de emisiones continuas, grúas pórtico, planta de procesamiento de alimentos y muchas otras.

A través del uso de la tecnología avanzada de hoy, la serie 90-30 PLC ofrece una plataforma rentable para pequeñas y medianas aplicaciones.

Figura 19. Plc serie 90-30, cpu 352 y 10 ranuras



Fuente: Serie 90-30 Plc [en línea]. California: General Electric, 2008. [Consultado 6 de Febrero de 2008]. Disponible en Internet:

http://www-ferp.ucsd.edu/boedo/Diagnostics/DIII_Probe/docs/d3dmid/midplane.html

Las cpu's disponibles para la serie 90-30 PLC incluyen: Modelo 311 y Modelo 313 (cada 5-slot), Modelo 323 (10-slot), y los modelos 331, 340, 341, 350, 351, 352, y 360 (cada 5 y 10-slot); la diferencia es: velocidad, capacidad de módulos E/S, la

memoria de usuario, tamaño de registros de datos, su CPU y características específicas.

Los objetivos principales de la serie 90-30 PLC son:

- Facilitar la integración de sistemas.
- Proporcionar eficacia de costos mientras provee la más reciente tecnología y el mejoramiento de características de uso fácil del PLC.
- Para ser orientadas a la solución.
- Proporcionar plc's pequeños y fáciles.
- Proporcionar facilidad de instalación y configuración.

Series 90-30 PLC Hardware

Serie 90-30 PLC, ya sea con un modelo 340, 341, 350, 351, 352, o 360CPU

Estos modelos funcionan de forma más rápida, tienen más datos de los registros y dispone de más memoria de programa de usuario disponible. Además el modelo 352 soporta cálculos de punto flotante.

Tabla 9. Especificaciones técnicas cpu serie 90-30.

CPU	Velocidad (MHZ)	Procesador	Puntos de Entrada	Puntos de Salida	Memoria de Registro	Memoria programación (Máximo)	Cálculo Punto Flotante
CPU350	25	80386EX	2048	2048	20K (Bytes)	32K (Bytes)	No
CPU351	25	80386EX	2048	2048	20K (Bytes)	80K (Bytes)	No
CPU352	25	80386EX	2048	2048	20K (Bytes)	80K (Bytes)	Si
CPU360	25	80386EX	2048	2048	20K (Bytes)	80K (Bytes)	No

Características plc serie 90-30:

- Un ordenador industrial robusto para operar en un entorno hostil, comúnmente presentes en las fábricas.
- Programación diagrama escalera.
- Control de los módulos I/O, por parte de los usuarios a través de la lógica de programación.
- Instructivo de diseño específicamente para la industria de control del proceso y medio ambiente.

- Comunicación con los controladores de células, interfaz terminal de operador, las computadoras personales y dispositivos similares.

La capacidad de comunicación de los PLC 90-30 abarca los siguientes protocolos: Bus Genius, Ethernet TCP/IP, World FIP, Profibus-DP, DeviceNet, SDS, LonWorks e interbus-S. Los PLC 90-30 poseen una capacidad de memoria de programa de hasta 240 Kbytes y pueden manejar un máximo de 4096 puntos I/O discretas. Respecto a las señales analógicas el máximo es de 2048 entradas y 512 salidas.

Tabla 10. Especificaciones técnicas generales plc serie 90-30.

Typical Scan Rate	Model351/352, 0.22 ms per 1K of logic (boolean contacts) Model350/360, 0.22 ms per 1K of logic (boolean contacts) Model340/341, 0.3ms per 1K of logic (boolean contacts) Model331, 0.4ms per 1K of logic (boolean contacts) Model313/323, 0.6 ms per 1K of logic (boolean contacts) Model311, 18.0 ms per 1K of logic (boolean contacts)				
AC Power Source Input Voltage Range Frequency	85 to 264 VAC 47 to 63 Hz				
DC Power Source 24 or 48 VDC Nominal Input (PWR322) 24 VDC Nominal Input (PWR331) 125 VDC Nominal Input	Start: 21 to 56 VDC; Run: 18 to 56 VDC Start: 18 to 30 VDC; Run: 12 to 30 VDC 90 to 150 VDC				
Input Power	90 VA maximum (full load) with VAC input (Standard AC power supply) 100 VA maximum (full load) with VAC input (High Capacity AC power supply) 50 watts maximum (full load) with VDC input (DC power supplies)				
Output Power (maximum) 5V 24V Relay 24V Isolated	30 watts (total of all outputs combined) 15 watts (30 watts for High Capacity power supplies) 15 watts 20 watts				
Rack Dimensions 10 Slot baseplate (all models)	Height	Width	Depth		
	5.12" (130mm)	17.44" (443mm)	5.59" (142mm)		
5 Slot Baseplate (all models)	5.12" (130mm)	10.43" (245mm)	5.59" (142mm)		
Back-up Battery Type Typical Battery Life, Loaded	Lithium, long-life CPU311/340/341/350/351/352/360 about 6 months CPU311/313/323 about 2 years (depending on temperature).				
Battery Shelf Life, no Load	8 to 10 years at 25° C (77° F)				
Maximum Number of I/O Points Model 350, 351, 352, and 360 Model 331, 340, and 341 Model 311 and 313 Model 323	4096 (2048 Inputs and 2048 Outputs) 1024 (512 Inputs and 512 Outputs) 160 (combined Inputs and Outputs) 320 (combined Inputs and Outputs)				
Internal Functions	Model311	Model313/323	Model331	Model340/341	Model350/351 Model352/360
Output Coils	512	512	512	512	2048
Internal Coils	1024	1024	1024	1024	4096
Timers/Counters	170	170	>500	>500	>500
Shift Registers	yes	yes	yes	yes	yes
Data Registers	512	1024	2048	9999	9999
Analog Inputs (12 bits)	64 In	64 In	128 In	1024 In	2048
Analog Outputs (12 bits)	32 Out	32 Out	64 Out	256 Out	512
Types of Memory	RAM EPROM EEPROM	RAM EPROM EEPROM	RAM EPROM EEPROM	RAM Flash EEPROM	RAM Flash EEPROM
Override	no	no	yes	yes	yes

Fuente: Series 90 – 30 programmable controller. usa: Ge fanuc automation, 1998. p. 10.

Detalles del PLC: Comunicaciones distribuidas en dispositivos entrada-salida. La serie 90-30 tiene una variedad de opciones de las comunicaciones disponibles incluyendo Ethernet, genio, las series 90 protocolan (SNP), y RTU.

Módulos entrada-salida. Una distinción genuina de la serie 90-30 está en su entrada-salida. Existen 38 módulos discretos entrada-salida y 17 módulos análogos entrada-salida, incluyendo: contadores de alta velocidad, procesadores entrada-salida, coprocesadores programables, controles de temperatura, servo actuadores y coprocesadores del PC.

Software de programación. Las opciones de programación para la serie 90-30 son lógica en escalera, SFC o lógica del estado. La programación sobre el lenguaje de la serie 90-30 (Logic master 90) permite a los usuarios manejar los cálculos complejos que una vez solo fueron controlados por los grandes y costosos PLC's.

5.2.7 Field control. Familia de módulos E/S distribuidas para el excelente control de productos. Son convenientes para el uso en diferentes arquitecturas de redes. El corazón del sistema de control sobre el terreno es la unidad de interfaz de bus con procesamiento inteligente, capaz de controlar hasta ocho módulos de exploración E/S.

- **Tipos de control de campo (Field control)**

- **Módulos discretos entrada-salida**, manejan diferentes gamas de corriente y voltaje; por su capacidad y tiempo del aislamiento resultan muy útiles para diferentes aplicaciones en la industria. Incluyen LED individuales que indican el estado de cada circuito de la E (8) / S (16).

- **Módulos análogos entrada-salida**, para el uso en procesos del control tales como temperatura y presión del flujo, los módulos análogos de la entrada-salida incluyen módulos de RTD y un termopar.

- **Unidad de interfaz autobús del genio**, proporciona una conexión del control del campo al autobús del genio, permitiendo que los usuarios integren el control I/P del campo en instalaciones entrada-salida del genio. Puede intercambiar hasta 128 octetos de datos de entrada y 128 octetos de datos de salida en cada exploración del autobús del genio. Realiza diagnóstico de los módulos entrada-salida y de sí mismo. Puede ser utilizado en un autobús controlado por las CPU o los reguladores redundantes del autobús.

Formatos de datos de E/S, las entradas y salidas digitales se almacenan como bits en la memoria caché (tabla de estados) de bits. Los datos de entradas y salidas analógicas se almacenan como palabras y están residentes en memoria en una porción de la memoria RAM de aplicación asignada para ese propósito. Para la realización del proyecto se utilizaron los módulos discretos E/S instalados en las patas de gantry, debido a que estos poseen entradas cableadas y disponibles para la ejecución del proyecto.

Figura 20. Unidad de interfaz de Bus y módulos E/S

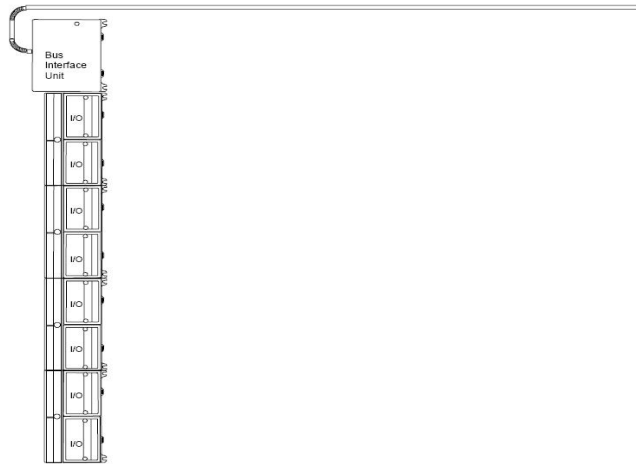


Fuente: Field control [en línea]. Usa: Cimtecautomation, 2008. [Consultado 16 de Enero de 2008]. Disponible en Internet: http://www.cimtecautomation.com/field_control.htm.

Cada estación de una red del control del campo puede actuar como regulador independiente, teniendo en cuenta la separación física de las funciones de control lógicas y de tiempos de transformación más rápidos. Consecuentemente, el control del campo es un complemento ideal para el PLC de la serie 90 y la entrada-salida del genio, ofreciendo al fabricante original del equipo y a los usuarios finales variedades de uso. Su entrada-salida y control descentralizados produce aumentos significativos en velocidad y eficacia del sistema, liberando espacio en la red, aproximadamente un 50% del cableado. Las unidades de la interfaz de autobús pueden ser quitadas, ser sustituidas y poder configurar toda las estaciones de E/S sin alterar el cableado existente.

En conjunto la Unidad de interfaz de bus y sus módulos E/S constituyen un campo de control de la estación (véase en la figura).

Figura 21. Conjunto, unidad de interfaz de bus y módulos E/S.



Fuente: Field control genius bus interface unit. usa: Ge fanuc automation, 1999. p. 10.

La unidad de interfaz de bus y módulos de E/S se adjuntan en robustas carcasas de aluminio. La unidad de interfaz de bus y los módulos de E/S poseen pernos de seguridad para separar a la terminal de bloques, proporcionando el cableado a todos los terminales de campo. La terminal de E/S es genérica y permite diferentes módulos de E/S.

Todos los bloques de la terminal se deben montar en un riel. El riel sirve como una parte integral del sistema de tierra, también se puede montar en un panel.

En las grúas pórtico los módulos E/S se encuentran ubicados en diferentes puntos estratégicos, principalmente donde los operadores y personal especializado pueden generar algún tipo de movimiento de las mismas; estos sitios son:

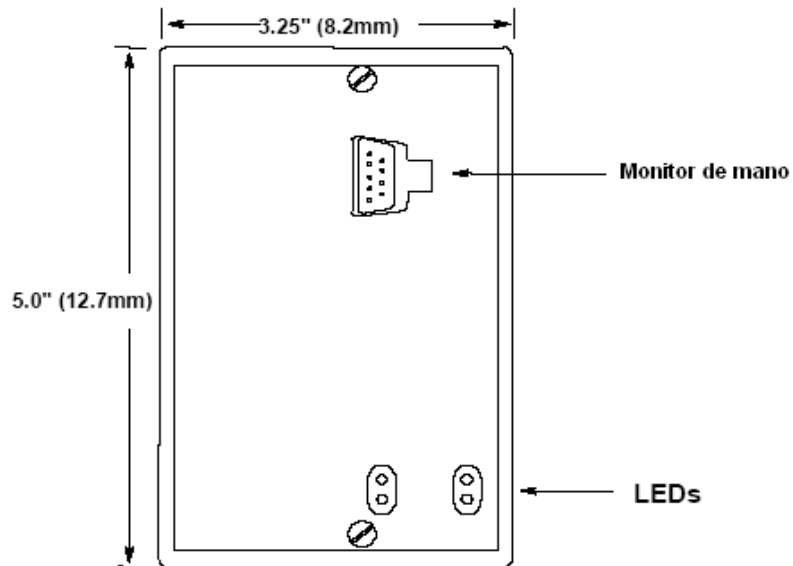
- Gantry.
- Trolley.
- Boom.
- Cuarto de control.
- Parte superior del Boom (Boom Tip).

Características y ventajas field control:

- Ahorro de cableado.
- Mejor tiempo de puesta en marcha.
- Fácil instalación y mantenimiento.
- Piezas de repuesto de ahorro.
- De bajo costo.
- Característica de la flexibilidad.

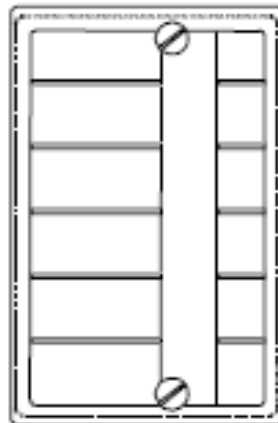
- Arquitectura abierta y adaptable a una variedad de redes E/S distribuidas.
- Pequeños y compactos módulos de E/S, con terminales de cableado genérico bases.
- Riel montado.

Figura 22. Unidad de interfaz de Bus.



Fuente: Field control genius bus interface unit. usa: Ge fanuc automation, 1999. p. 22.

Figura 23. Módulos de E/S



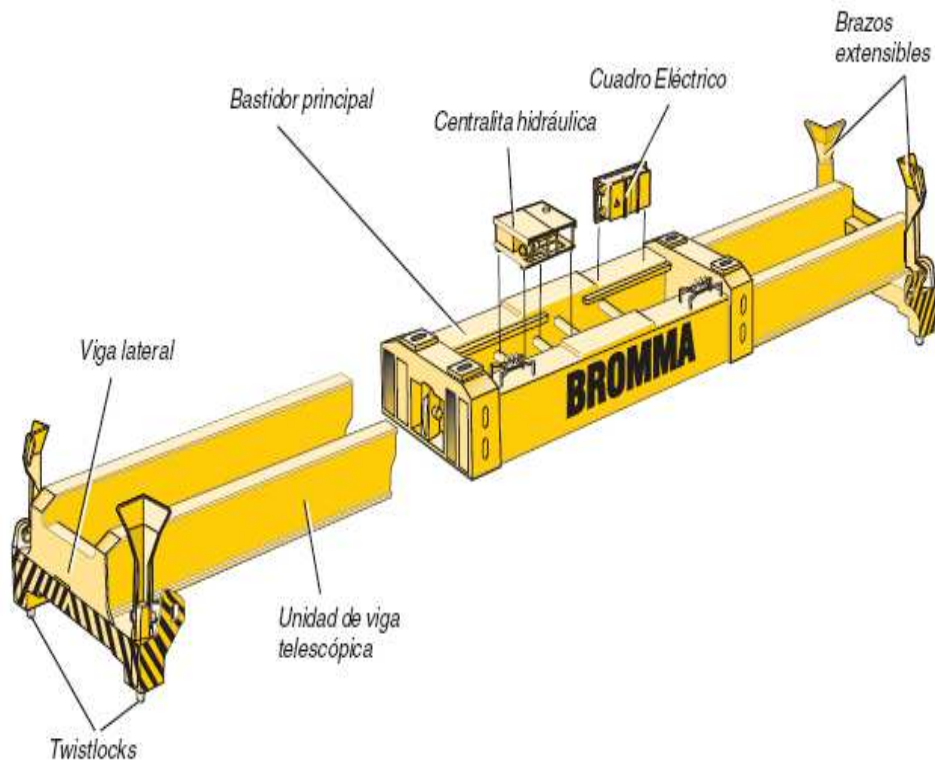
I/O Modules

Fuente: Field control genius bus interface unit. usa: Ge fanuc automation, 1999. p. 11.

Las grúas pórtico constan de un equipo adicional esencial para cumplir con su objetivo principal (descargar y cargar contenedores). Sin este módulo la grúa pórtico sería una estructura metálica lista para ser vista por el personal del Terminal Marítimo, pero sin ninguna razón de ser, es decir un monstruo gigantesco útil para nada, este equipo que nunca debe faltar para la operación de una grúa pórtico al momento de descargar y cargar contenedores se le ha llamado de manera mundial en todos los puertos marítimos spreader.

5.2.8 Spreader. Equipo especializado utilizado en las grúas pórtico para capturar contenedores.

Figura 24. Spreader



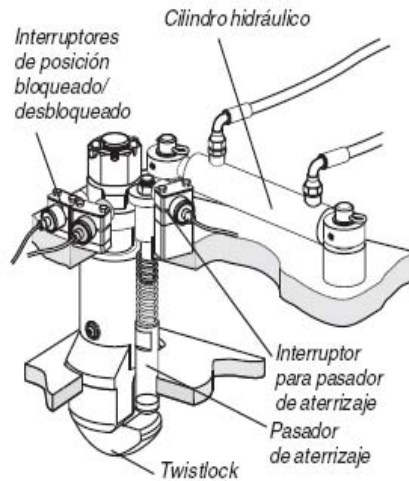
Fuente: Manual estándar grupo bromma. Estocolmo: Compañía bromma, 2002. p. 7.

Sistemas del spreader:

- Movimiento Twistlocks.
- Movimiento telescópico.
- Movimiento brazos extensible (Flippers).

Twistlock:

Figura 25. Twistlock



Fuente: Manual estándar grupo bromma. Estocolmo: Compañía bromma, 2002. p. 10.

Los twistlock están ubicados en las cuatro esquinas del spreader y se utilizan para enganchar y levantar el contenedor. Un cilindro hidráulico hace girar el twistlock y dos sensores indican la posición de éste, bloqueado o desbloqueado. Para garantizar que el spreader aterrice correctamente sobre el contenedor antes de que los twistlocks giren, se utiliza un sistema de seguridad de pasador de aterrizaje.

Cuando el spreader aterrizza correctamente sobre el contenedor, un pasador de aterrizaje accionado por resorte situado cerca del twistlock, es empujado hacia arriba para que entre en la caja del twistlock. Una vez que el spreader aterrizza correctamente sobre el contenedor, el pasador de aterrizaje activa un interruptor de proximidad. Los twistlocks sólo pueden girar una vez que todas las esquinas del spreader han aterrizado; al mismo tiempo el pasador de bloqueo se eleva lo suficiente como para que el tope de bloqueo de la palanca del twistlock pase debajo de él. Si el spreader no aterrizza correctamente, el interruptor de proximidad no se activará y el pasador de bloqueo interferirá con el tope de bloqueo. Esto impedirá que los twistlocks giren. Opcionalmente al sistema de twistlocks se le puede incorporar un amortiguador de reducción de esfuerzo y ruido, el sistema INRS (sistema reducción de impacto y ruido).

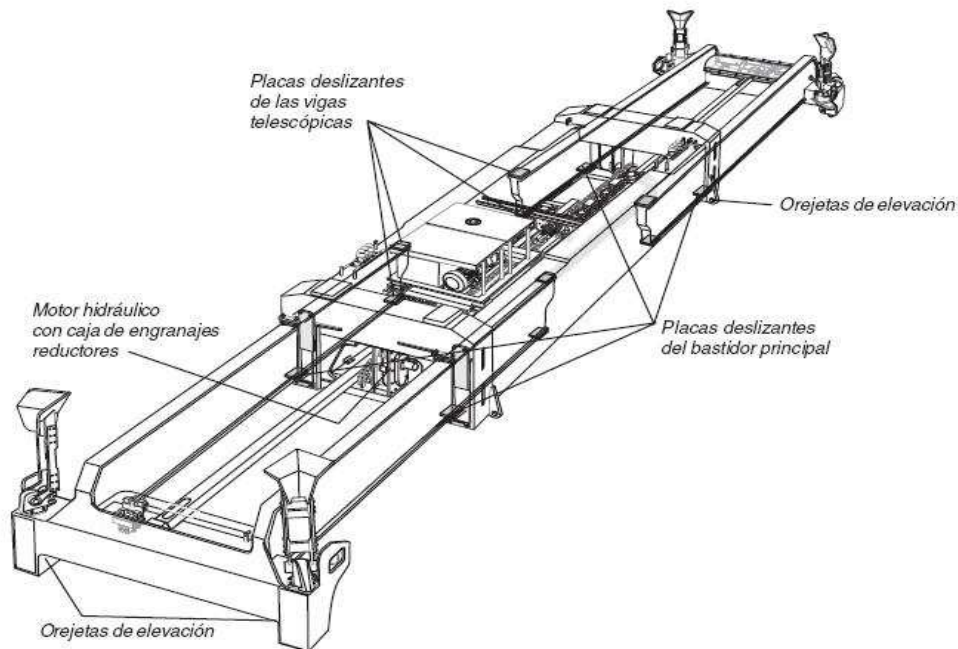
Sistema Telescópico, las vigas telescópicas se deslizan sobre placas deslizantes de baja fricción que se encuentran en cada esquina inferior del bastidor principal

(4 en total) y en la parte superior e inferior en cada extremo de las vigas telescópicas (8 en total). Las placas deslizantes poseen el espacio suficiente entre ellas y la estructura como para permitir que las vigas se doblen, lo que permite al spreader transportar contenedores ligeramente deformados.

Las orejetas de elevación situadas en cada esquina del spreader permiten colgar eslingas para transportar contenedores o cargas que no van en contenedores. También se puede instalar orejetas de elevación opcionales en la parte exterior de la viga principal. Bajo el bastidor principal se ha incorporado un espacio que permite manipular contenedores ligeramente sobrecargados o con escotillas. Si se necesita un espacio mayor, se pueden instalar orejetas para mayor altura.

El sistema telescópico se acciona mediante un motor hidráulico y una caja de engranajes conectada a una cadena sin fin. La válvula de contrapeso (sobrecentro) bloquea el motor cuando la válvula de control direccional no recibe energía. Esto mantiene al spreader en posición durante el funcionamiento.

Figura 26. Sistema telescópico



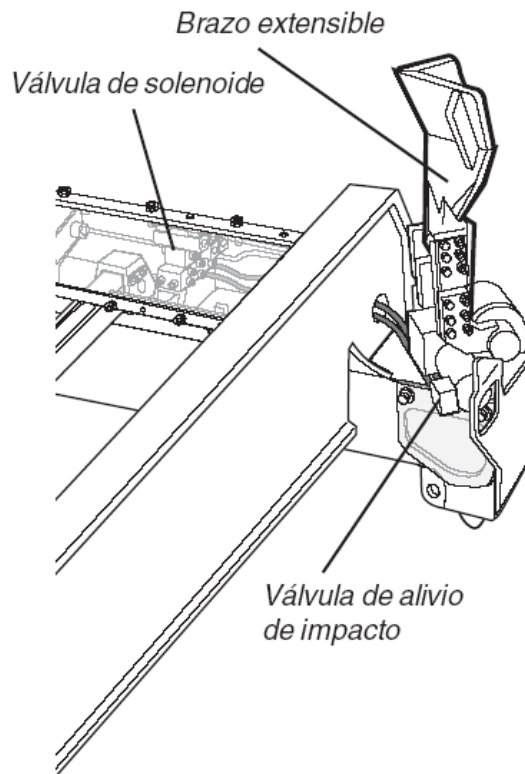
Fuente: Manual estándar grupo bromma. Estocolmo: Compañía bromma, 2002. p. 9.

Brazos De Guía (Brazos Extensibles o Flippers), el spreader está equipado con brazos extensibles de accionamiento hidráulico en cada esquina; estos brazos guían al spreader hacia el contenedor. Los brazos extensibles se controlan mediante válvulas de solenoide que pueden accionarse manualmente en caso de emergencia. Para fines de protección, cada circuito de brazo extensible tiene una

válvula de alivio de impacto que se abre a una presión preestablecida de 40 o 100 bares por encima de la presión de trabajo normal. Tan pronto como se retira la carga de choque, el brazo extensible vuelve a su posición vertical.

Los spreaders para grúas de patio generalmente están equipados con brazos de guía fijos o de retracción manual.

Figura 27. Brazo extensible o flipper



Fuente: Manual estándar grupo bromma. Estocolmo: Compañía bromma, 2002. p. 11.

6. METODOLOGÍA

6.1. PLANTEAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES

6.1.1. Importancias relativas de las necesidades. Implementar un sistema que reduzca las pruebas de las labores de mantenimiento por medio de un operador.

Las siguientes situaciones afectan nocivamente las labores de mantenimiento preventivo y/o correctivo y a su vez la disponibilidad operativa de la grúa:

- Demoras sustanciales en las labores de mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- Tergiversación de la información vía radio frecuencia por interferencia entre el operador y el personal de mantenimiento.
- Inadecuada coordinación entre el operador y el personal técnico.
- Tener la posibilidad de utilizar empleados en otras actividades productivas para la empresa.
- Falta de autonomía y control del personal de mantenimiento, por dependencia del operador de la grúa pórtico.
- Diseñar con estrategia de programación.

6.2. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

La información requerida para el desarrollo del proyecto fue suministrada a través de entrevistas continuas con el jefe de mantenimiento y reparación de equipos portuarios y personal operativo y de mantenimiento de la empresa Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura. Además información recopilada por medio de textos, manuales instructivos de fabricantes de accesorios asociados a las grúas pórtico y documentos de Internet relacionados con las mismas.

6.3. IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO

Las grúas pórtico Ship to Shore Postpanamax marca ZPMC (Shanghai Zhenzua Port Machinery Co), son estructuras de acero fabricadas en China, cuyo objetivo principal es permitir el cargue y descargue de contenedores de las motonaves que

arriban al puerto de Buenaventura, esta estructura acompañada por tecnologías de diferentes países permite que en una hora los operadores muevan de 25 a 30 contenedores, lo que hace que las operaciones de carga y descarga que duraban tres o cuatro días, queden reducidas a 12 horas máximo.

Para cumplir con el objetivo principal de la grúa pórtico, ésta debe ser operada por un personal especializado, el cual pueda realizar todas las funciones que la grúa pórtico brinda, especialmente efectuar los cuatro movimientos principales que se requieren para una exitosa operación, estos movimientos son:

- Hoist
- Trolley
- Gantry
- Boom

Para dar inicio a la maniobra de la grúa, el operario debe interpretar en que estado se encuentra la grúa, es decir, al llegar al patio de trabajo reconocer, si la grúa tiene el Boom en posición de operación (180°), entonces:

- Subir hasta la cabina de operación (Trolley).
- Encender la grúa pórtico.
- Verificar las posibles fallas que puede tener la misma para ser reportada al grupo de mantenimiento.
- Comenzar a ensayar todas las funciones y movimientos de la misma (Hoist, Gantry, Trolley, los movimientos del spreader, luces, entre otras.)
- Al estar todo en completa normalidad se le informa al personal de mantenimiento el estado de la misma y se puede dar inicio a la actividad preparada.

Si la grúa tiene el Boom en posición de parqueo ($82,5^{\circ}$), entonces:

- Subir hasta la cabina del Boom.
- Encender la grúa pórtico.
- Empezar a bajar el Boom.
- Apagar la grúa.
- Dirigirse hasta la cabina de operación (Trolley).
- Encender la grúa pórtico.
- Verificar las posibles fallas que puede tener la misma para ser reportada al grupo de mantenimiento.
- Comenzar a ensayar todas las funciones y movimientos de la misma (Hoist, Gantry, Trolley, los movimientos del spreader, luces, entre otras.)

- Al estar todo en completa normalidad se le informa vía radio frecuencia al personal de mantenimiento el estado de la misma y se puede dar inicio a la actividad preparada.

Los procesos en los que se divide la grúa pórtico antes de comenzar las maniobras de trabajo son:

- Bajar el Boom.
- Empezar operación.

Lo anterior se explica de la siguiente manera:

Bajar el Boom: Se debe encender la grúa pórtico desde la cabina del Boom, al estar encendida todo el sistema de control de la grúa arranca, es decir, PLC, DRIVES, REDES DE COMUNICACIÓN, MOTORES, BLOWERS, ETC. Para cumplirse a cabalidad el proceso bajar el Boom, los dispositivos principales serán el PLC y el DRIVE 1, debido que desde la cabina del Boom, las señales viajan vía red Genius Controller Bus, ver figura 49, hacia el PLC, para que posteriormente pasen a ser recibidas y analizadas por el DRIVE 1 y tomar ciertas decisiones en la operación del motor a controlar, después de realizar esta sección del proceso nacen los criterios de operación, empezando el descenso del Boom.

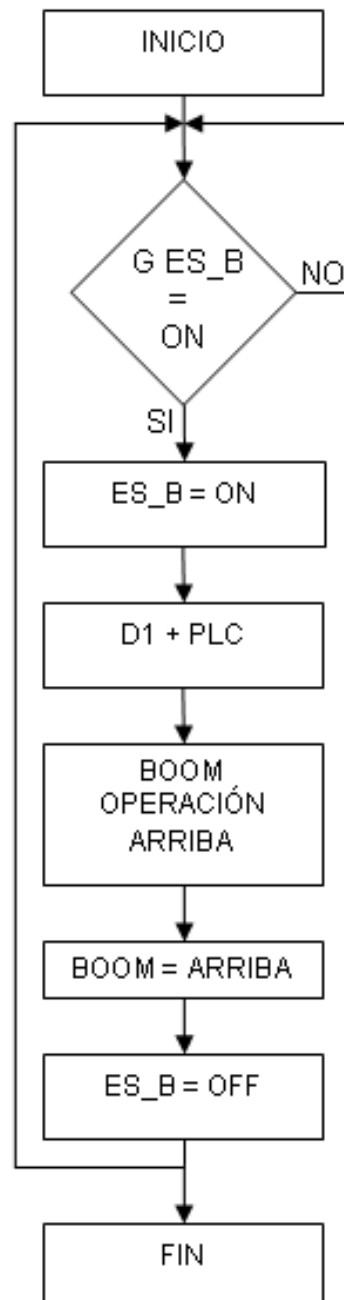
Al llegar el Boom a posición de trabajo (180°), se deberá apagar la grúa para que desde la cabina de operación empiecen las maniobras de la misma desde la cabina de operación Trolley, ver figura 16.

Empezar operación: Se debe encender la grúa pórtico desde la cabina de operación, al estar encendida todo el sistema de control de la grúa arranca, es decir: PLC, DRIVES, REDES DE COMUNICACIÓN, MOTORES, BLOWERS, ETC. Para cumplirse a cabalidad los otros sistemas de la grúa (hoist, trolley y gantry) los dispositivos principales serán el PLC, los DRIVE 1 y 2; debido que desde la cabina de operación, las señales de los master switch viajan vía red Genius Controller Bus, hacia las tarjetas de comunicación de los DRIVES para que posteriormente pasen a ser analizadas por los mismos y tomar ciertas decisiones en la operación de los motores a controlar, después de realizar esta sección del proceso nacen los criterios de operación empezando a generarse los movimientos restantes de la grúa pórtico (trolley, gantry y hoist).

Es importante aclarar que el operador puede realizar movimientos simultáneos, los movimientos recomendados a realizar simultáneamente son: Hoist y Trolley, agilizando así la actividad a realizar, también se puede realizar Trolley y Gantry, pero por seguridad se recomienda, llegar a la posición de parqueo del trolley o detener la cabina de operación, para así hacer la maniobra de Gantry.

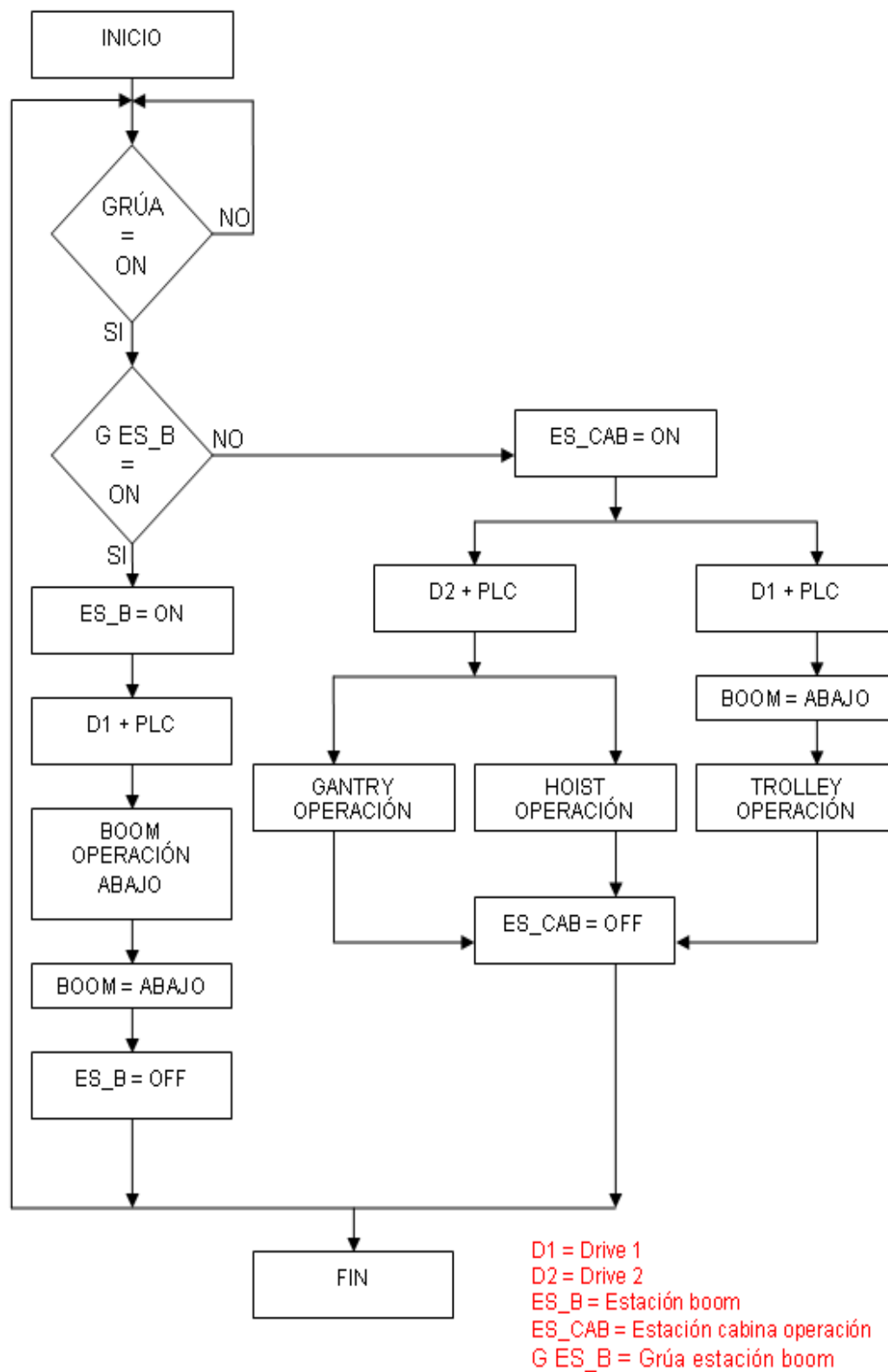
Terminada la operación se procederá a apagar la grúa pórtico, dirigirse a la cabina del Boom para subir este y dejarlo en su posición de parqueo, ver figura 28.

Figura 28. Proceso bajar boom



D1 = Drive 1
ES_B = Estación boom
G ES_B = Grúa estación boom

Figura 29. Proceso funcionamiento grúa pórtico.



6.4. ESTRATEGÍA DE CONTROL

La estrategia de control del control remoto para grúa pórtico inicia, con el voltaje 115 VAC, el cual es referencia para la estación de control ó pendante (botonera de control telemecanique), voltaje con el que se alimentan los bloques de contactos inmersos en la estación de control.

A través del cableado eléctrico la estación de control acompañada de los bloques de contactos, se envían señales de control de 115 VAC hacia los módulos entrada – salida, estos módulos E/S en operación conjunta con la unidad de interfaz de bus, reconocen específicamente a cual entrada es enviada dicha señal de control, para ser traducida y exportada al controlador lógico programable (Serie 90-30 GE), a través de la red que intercomunica a los módulos E/S y el PLC, esta red propietaria es nombrada por su fabricante General Electric (GE) como: Genius Bus Controller (GBC).

El controlador lógico programable recibe la señal de control y realiza el respectivo barrido por todo el programa lógico que poseen almacenado en su correspondiente CPU, procesa las señales binarias de entrada y las convierte en señales de salida.

Después de realizar este barrido, procesar las señales entrantes y crear las señales salientes, el PLC exporta dichas señales a los actuadores, a través de la redes que intercomunica el PLC y los actuadores del sistema (Red Genius Bus Controller - Ethernet), que en este caso son dos variadores de velocidad ó drives, estos están divididos y operan en parejas, para realizar el control distribuido a los cuatro movimientos principales de la grúa pórtico a controlar:

Drive 1 (GE DC 2000 M)

- Sistema Boom.
- Sistema Trolley.

Drive 2 (GE DC 2000 CX)

- Sistema Gantry.
- Sistema Hoist.

Es importante mencionar que los drives para tener un control óptimo y sin ningún inconveniente en el momento de la operación, estos se intercomunican internamente a través de la red propietaria es nombrada por su fabricante General Electric (GE) como: Red Arcnet.

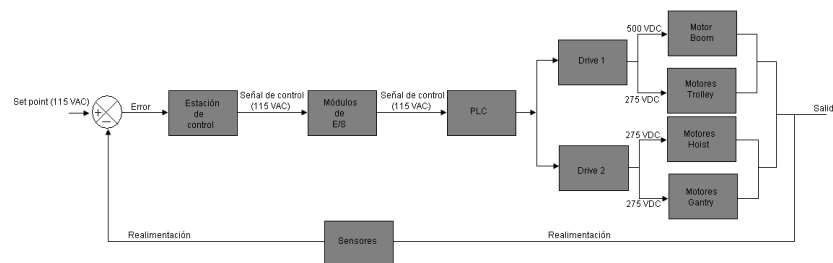
Al recibir segundo a segundo las señales de control del PLC, los drives como actuadores toman la decisión de cómo van a operar los motores que se encuentran relacionados a cada uno de los movimientos a controlar, es decir los motores cumplen la función de actuadores secundarios, cumpliendo con toda la operación principal de la grúa pórtico.

El proceso es realimentado mediante los sensores asociados a todo el funcionamiento de la grúa pórtico:

- Encoders.
- Sensores de posición.

La realimentación cumple la función de entregarle a los drives, plc y todo el sistema de control de la grúa pórtico el estado y funcionamiento de los motores asociados al control de la misma, ver figura 30, Anexo Ñ.

Figura 30. Estrategia para control de motores



6.5. SOFTWARE LOGICMASTER 90

Logicmaster 90-30/20/Micro software de programación es parte de una familia de productos utilizados para configurar el programa y la línea completa de la serie 90-30 Controladores programables).

Configuración es el proceso lógico de la asignación de direcciones, así como de otras características, a los módulos de hardware en el sistema. Se puede hacer antes o después de la programación, utilizando el software de configuración, sin embargo, se recomienda que la configuración se deba hacer en primer lugar.

La programación consiste en la creación de un programa de aplicación de un PLC. Debido a la serie PLC's 90-30, 90-20 Series PLC's, y Micro PLC's tener un conjunto común de instrucciones, todos puede programarse usando este software. Selección del modo de operación del programador. Tanto el programador y el software de configuración pueden operar en tres modos:

OFFLINE, MONITOR y ONLINE. En el modo OFFLINE, no se lleva a cabo la transferencia de datos entre el ordenador y el PLC. El programa de configuración y datos pueden ser convenientemente desarrollados en el modo OFFLINE, con o sin el ordenador conectado a un PLC.

En modo MONITOR, en este caso se ha establecido la comunicación entre el ordenador y el PLC, la computadora puede leer datos del PLC, pero no podrá transferir los datos a la misma. Con la comunicación establecida en el modo ONLINE, programas y otros datos se pueden transferir entre el PLC y el ordenador.

Si está utilizando una Workmaster o CIMSTAR I ordenador industrial, puede configurar el software Logicmaster 90-30 para utilizar la llave para seleccionar el modo de funcionamiento.

Para los ordenadores sin una llave, o si la llave no está habilitado, el modo selección se puede hacer por:

- Al pulsar la teclas ALT y M simultáneamente. Pulsando repetidas veces la tecla ALT-M cambia el modo de operación de OFFLINE a ONLINE a MONITOR y luego de nuevo a OFFLINE.

Configuración de la comunicación del PLC utilizando una WSI Board. Para la versión de WSI Logicmaster 90-30 software, el programador dispone de comunicación serie entre el programador y el adjunto del PLC, gracias a la interfaz serial de la estación de trabajo (WSI) Board.

El puerto serie COMSET (función de configuración), se utiliza para configurar el puerto serie WSI, y para guardar o recordar los configuraciones de los archivos de disco.

Configuración de la comunicación del PLC utilizando puertos seriales COM. Para el estándar de comunicaciones serie Logicmaster 90-30 versión de software, los puertos COM1, COM2, COM3, o COM4 puertos seriales, pueden ser configurados para proporcionar las comunicaciones seriales entre el programador y el adjunto de PLC.

El puerto serie COMSET (configuración), se utiliza para configurar el puerto COM1, COM2, COM3, o COM4 puertos seriales, también para guardar o recordar las configuraciones de los archivos de disco.

Carpeta de Programa. Cada programa y su correspondiente configuración tienen asignado un subdirectorio llamado carpeta del programa.

Tanto el software de configuración y el software de programación forman un conjunto de funciones de programa de utilidad para crear y mantener las carpetas de programa.

Menú Principal. Si el programador selecciona Programa (F1) en el menú de la Serie 90 PLC's y sus funciones, la programación de software menú principal se mostrará a continuación. Este menú se utiliza para acceder a las principales funciones de Logicmaster 90-30 software de programación, ver figura 31 y tabla 11.

Figura 31. Menú principal

PROGRAM	TABLES	STATUS				SETUP	FOLDER	UTILITY	PRINT
1program	2tables	3status	4	5	6	7setup	8folder	9utility	10print

>

S E R I E S 90-30 / 90-20 P R O G R A M M I N G S O F T W A R E

Version 4.01 Direct Serial - COM

F1	Program Display/Edit
F2	Reference Tables
F3	PLC Control and Status

F7	Programmer Mode and Setup
F8	Program Folder Functions
F9	Utility: Load/Store/etc.
F10	Print Functions

<< Press ALT-K at any time to see special key assignments >>

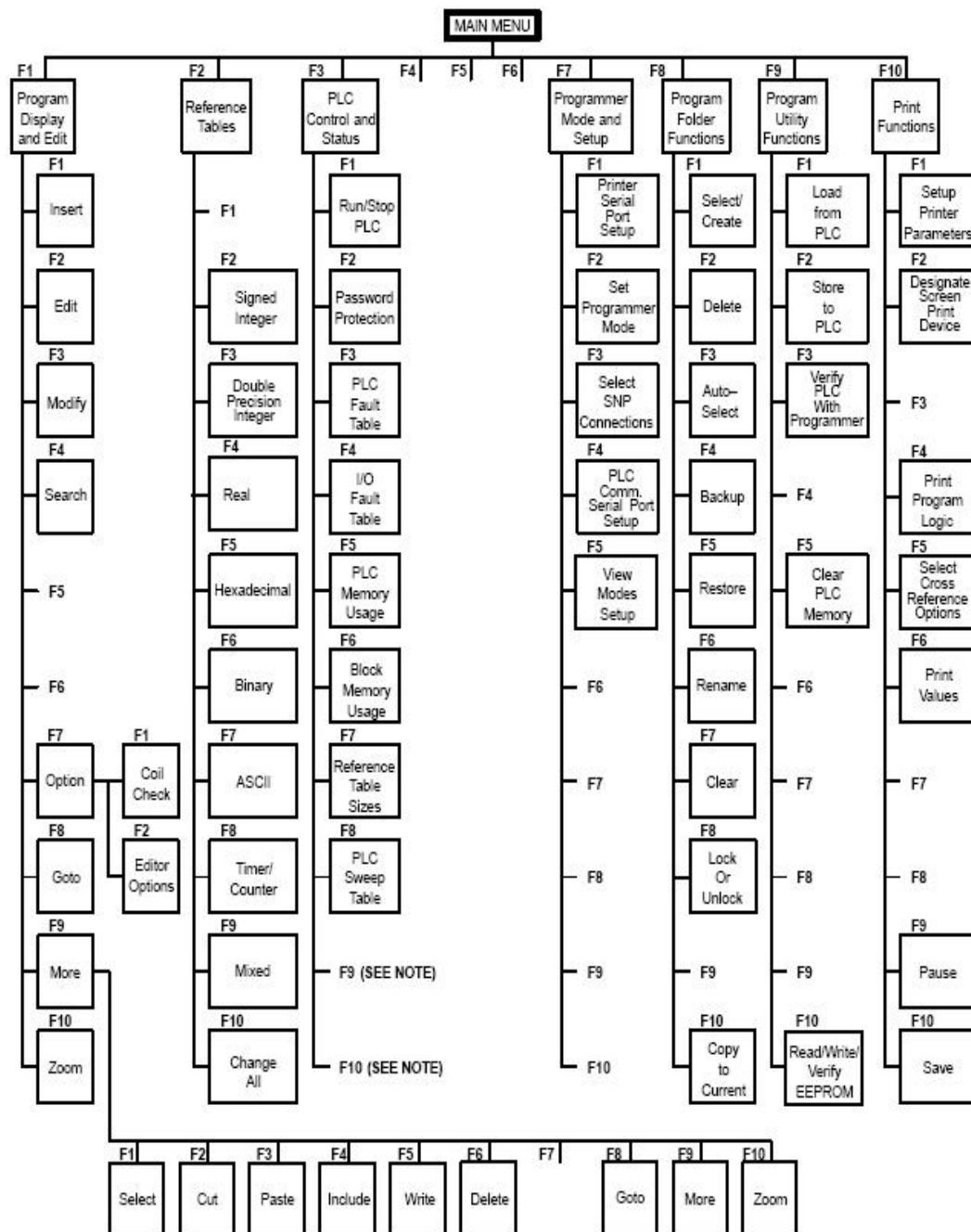
C:\LM90\LESSON OFFLINE PRG: LESSON

REPLACE

Las teclas de función permanecerán activas después de la selección de una función de programación. Usted puede ir directamente de una función de programación a otra sin tener que regresar al menú principal pulsando simultáneamente la tecla SHIFT y la tecla de función deseada.

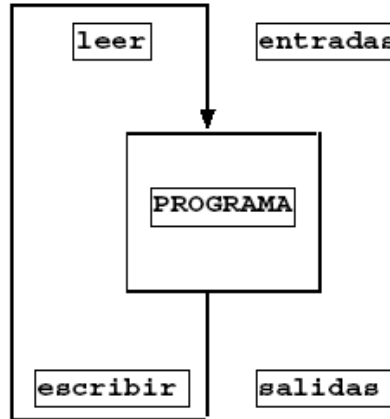
La parte inferior de la pantalla del menú principal contiene tres líneas de información de estado.

Figura 32. Navegando por el menú logic master 90



6.5.1. Programación. El programa del usuario contiene lógica que se usa cuando se arranca. El número máximo de escalones permitidos por bloque lógico (principal o subrutina) es de 3000. La lógica la ejecuta el PLC repetidamente.

Figura 33. Subrutinas



Todos los programas comienzan con una tabla de declaración variable. Esta tabla relaciona los nombres abreviados y las descripciones de referencia que se hayan asignado en el programa del usuario.

El editor de declaración de bloque relaciona los bloques de subrutina declarados en el programa principal.

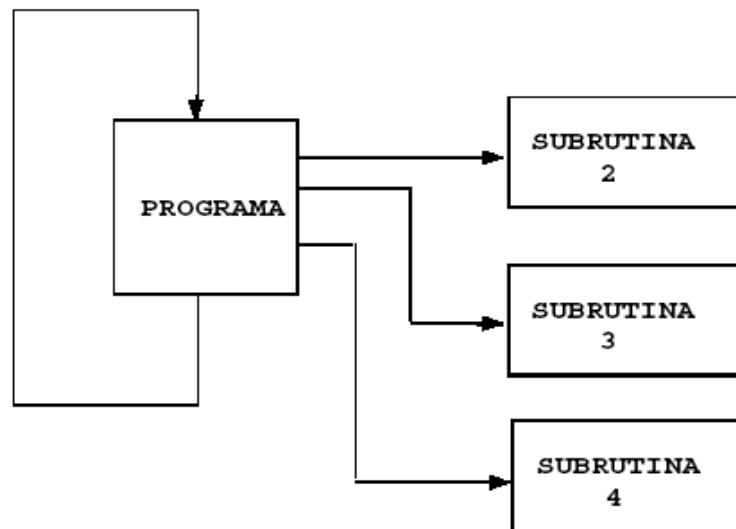
6.5.2. Bloques de subrutina (PLC serie 90-30 solamente). Un programa puede “llamar” a bloques de subrutina durante su ejecución. Una subrutina debe declararse a través del editor de declaración de bloques antes de que una instrucción CALL (llamar) pueda usarse para esa subrutina. Para cada bloque lógico en el programa se permite un máximo de 64 declaraciones de bloques de subrutina en el programa y 64 instrucciones CALL (llamada).

El tamaño máximo de un bloque de subrutina es de 16 KB o 3000 escalones, pero el programa principal y todas las subrutinas deben encajar dentro de los límites de tamaño de la lógica para ese modelo de CPU. (El límite del tamaño de bloque lógico de la subrutina es el tamaño de la memoria del programa del usuario de la CPU).

El uso de subrutinas es opcional. El dividir un programa en subrutinas más pequeñas puede simplificar la programación y reducir la cantidad total de lógica necesaria para el programa.

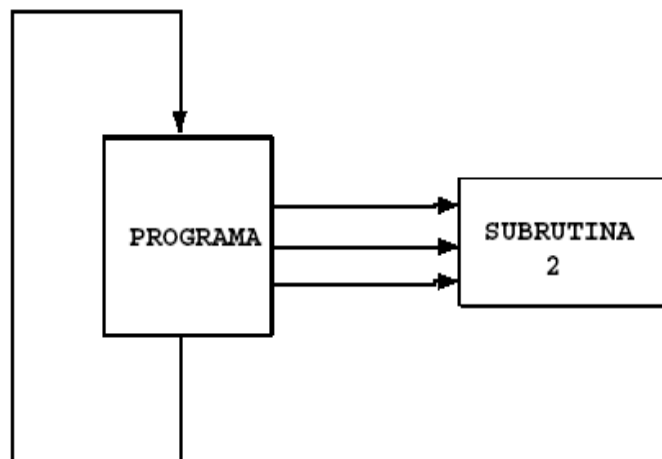
6.5.2.1. Ejemplos del uso de bloques de subrutina. Como ejemplo, la lógica para un programa puede dividirse en tres subrutinas, cada una de las cuales podría ser llamada cuando fuera necesario desde el programa. En este ejemplo, el programa podría contener una lógica pequeña, sirviendo principalmente para secuenciar los bloques de subrutina.

Figura 34. Ejemplo bloques de subrutinas



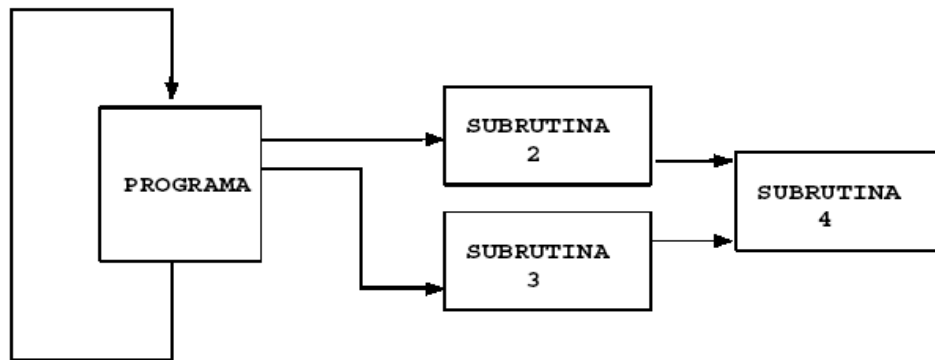
Un bloque de subrutina puede usarse muchas veces a medida que el programa se ejecuta. La lógica que necesite repetirse varias veces en un programa puede introducirse en un bloque de subrutina. Las llamadas se harían entonces a ese bloque de subrutina para tener acceso a la lógica. De esta manera se reduce el tamaño total del programa.

Figura 35. Reutilización de subrutinas



Además de ser llamados desde el programa, los bloques de subrutina pueden ser llamados también por otros bloques de subrutina. Incluso un bloque de subrutina puede autollamarse.

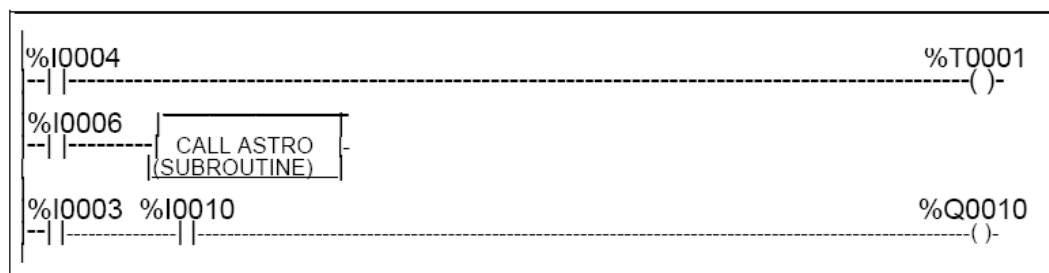
Figura 36. Auto llamado de subrutinas



No hay límite al número de niveles de llamadas a los bloques de subrutina permitidos por el software Logicismaster 90-30. Sin embargo, el PLC sólo permitirá ocho llamadas anidadas antes de indicar un “Desbordamiento de pila de la aplicación” y que el PLC pase al modo STOP/FAULT (parar/fallo). El anidamiento de nivel de llamadas cuenta el programa como nivel 1.

6.5.3. Como se llama a los bloques de subrutina. Un bloque de subrutina se ejecuta cuando se le llama desde una lógica de programa en el programa o desde otro bloque.

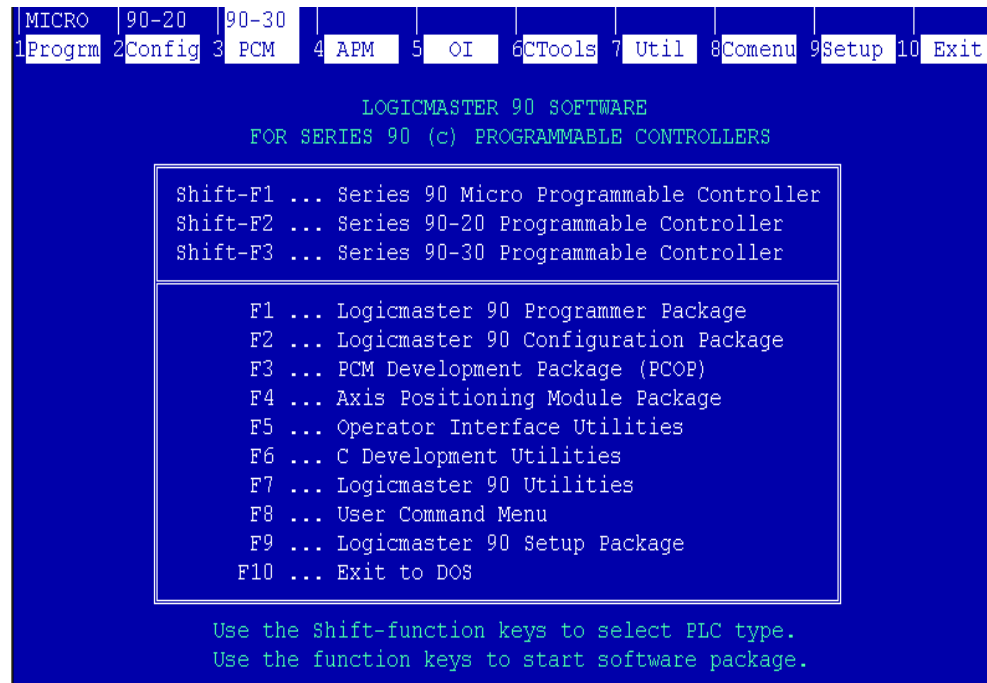
Figura 37. Llamando subrutinas



Este ejemplo muestra la instrucción CALL (llamar) de subrutina como aparecerá en el bloque de llamada. Situando el cursor dentro de la instrucción, se puede pulsar F10 para ver (zoom) la subrutina.

6.5.4. Creando o editando un programa lógico

Figura 38. Menú



En esta serie de páginas podré describir el funcionamiento del básico y potente lenguaje de programación diseñado por Fanuc (filial de General Electric) para el autómata programable de la serie 90 (90-30).

Este programa, en líneas, permite.

- Programar en esquema de contactos (cuyos símbolos están normalizados).
- Comunicar con un PLC remoto vía módem.
- Imprimir todo tipo de listados (referencias cruzadas, sólo programa, etc.).
- Visualizar en el mismo programa el estado y valores de las variables (tanto digitales como analógicas).

Esto es, brevemente, casi todo lo que puede hacer este programa. En las páginas siguientes se describe paso a paso cada una de las funciones que puede realizar este programa así como enlaces a la WEB de Fanuc donde podrás conocer en profundidad las características técnicas de los autómatas de la serie 90.

Con la opción F1 entramos en la programación. Lo primero que se nos pide es el programa sobre el que vamos a trabajar. Una vez que le hemos dado a INTRO aparece un menú con las siguientes opciones:

Figura 39. Menú de funciones

```
F1 ..... Program Display/Edit
F2 ..... Reference Tables
F3 ..... PLC Control and Status
F7 ..... Programmer Mode and Setup
F8 ..... Program Folder Functions
F9 ..... Utility: Load/Store/etc.
F10 ..... Print Functions
```

PROGRAM DISPLAY/EDIT (EDITAR/MOSTRAR PROGRAMA)

A continuación debemos escoger que tipo de programación vamos a realizar:

Figura 40. Menú funciones f1

```
F1 ..... RELAY LADDER DIAGRAM (LD)
F2 ..... SEQUENTIAL FUNCTION CHART (SFC)
```

Escogemos la opción F1, es decir, realizar el programa como escalera de relés o contactos. Aparece la siguiente pantalla:

Figura 41. Empezar programación

```

PROGRAM | TABLES | STATUS |  |  |  | SETUP | FOLDER | UTILITY | PRINT
1insert 2edit 3modify 4search 5 6 7option 8goto 9more 10zoom
>
[ START OF LD PROGRAM PRUEBA ] (* *)
[ VARIABLE DECLARATIONS ]
[ BLOCK DECLARATIONS ]
[ START OF PROGRAM LOGIC ]
[ END OF PROGRAM LOGIC ]

OFFLINE
C:\LM90DEMO\PRUEBA PRG: PRUEBA BLK: MAIN SIZE: 123 RUNG 0004
REPLACE : :
```

6.5.4.1. Declaración de variables. Accedemos a la tabla de declaración de variables. Las etiquetas y descripciones de referencias pueden ser introducidas en la tabla. Cada entrada, salida o marca (relé interno) puede ser referenciado por medio de etiquetas, de manera que en el programa no aparezca, por ejemplo, %I0001 sino ENT_0001 como etiqueta. Asimismo, podemos describir la referencia con un máximo de 32 caracteres, apareciendo, cuando estemos en el programa, dicha descripción en la parte inferior/derecha de la pantalla.

6.5.4.2. Declaración de bloques. Un programa puede incluir más de un bloque lógico. Otros bloques, llamados bloques de subrutinas, pueden ser llamados desde otros bloques. Cuando hagamos esto, debemos declarar los bloques antes de ser llamados. El bloque principal tiene una tabla de declaración de bloques.

Esta tabla lista todos los bloques que son parte del programa. Los bloques no pueden tener tablas de declaración de bloques. Sin embargo, los bloques pueden ser llamados desde el bloque principal o desde cualquier otro bloque del programa.

6.5.4.3 Inicio/fin del programa lógico. Todos los programas se sitúan entre estas dos marcas, Para introducir el programa lógico hay que situar el cursor en **[END OF PROGRAM LOGIC]** y pulsar F1.

Un programa lógico consiste en varios elementos tales como relés, temporizadores, funciones matemáticas, etc., resultando una combinación de escalones en una escalera lógica. Esta escalera tiene una fuente simbólica de corriente. Se considera a esta corriente como un flujo que va de izquierda a derecha a través de los contactos que termina en la bobina o bloque funcional que hay conectados a la derecha.

El programador tiene entera flexibilidad para introducir elementos en el programa. Sin embargo, hay algunas reglas que cumplir.

- Cada escalón o instrucción puede contener hasta ocho líneas paralelas; cada línea puede tener hasta diez elementos conectados en serie.
- Si una instrucción tiene una bobina de transición, ésta debe ser la única bobina existente en la instrucción.
- Sólo puede haber un JUMP o MCR por instrucción. Asimismo, no pueden coexistir en la misma instrucción con una bobina.
- No está permitido el cortocircuito.
- Una instrucción debe contener al menos un contacto delante de cualquier bobina, JUMP, MCR, función o vínculo vertical.

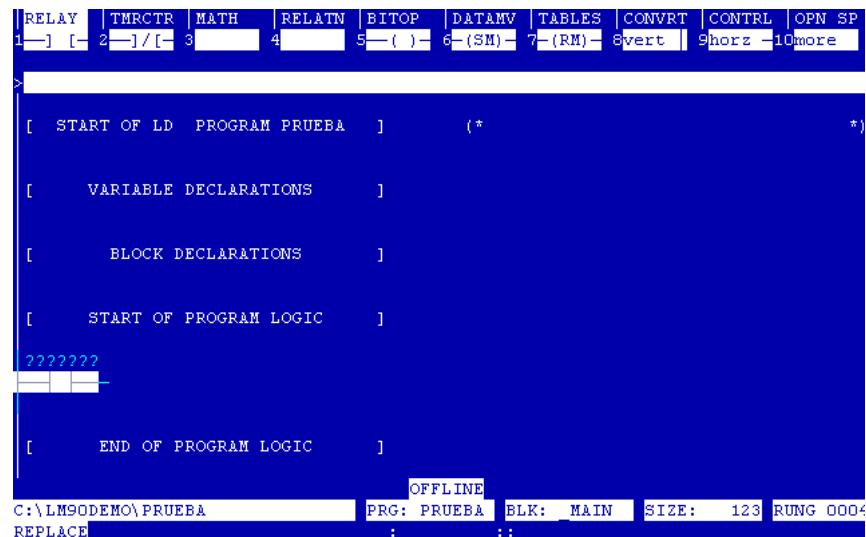
- Para permitir las reglas 4 y 5, se utiliza el contacto %0007 (ALW_ON ® Siempre ON).
- No puede haber ramas que salgan de otras ramas.
- No puede haber derivaciones en una instrucción que contenga una función, excepto las que se hacen en bobinas.
- No puede haber contactos después de una función.
- En general, el orden de ejecución es de izquierda a derecha.

El software Logicmaster fue diseñado para permitir una introducción rápida de un programa en formato de esquema de contactos, de manera que, o bien con teclas de función o bien con mnemotécnicos, pudiéramos conseguirlo.

6.5.4.4 Introducción de elementos lógicos en el programa.

- Con el cursor colocado en [END OF PROGRAM LOGIC], pulsamos F1. Las instrucciones se introducen siempre antes de la instrucción donde está el cursor.
- Para introducir un contacto hay que pulsar la tecla de función que nos marca la barra superior. Por ejemplo, para introducir un contacto normalmente abierto hay que pulsar F1 (siempre y cuando la barra superior de herramientas nos muestre lo mismo que la pantalla que se muestra en este punto) ó también podríamos escribir el mnemotécnico &NOCON en la línea de comando y pulsar INTRO (Ver figura 42).

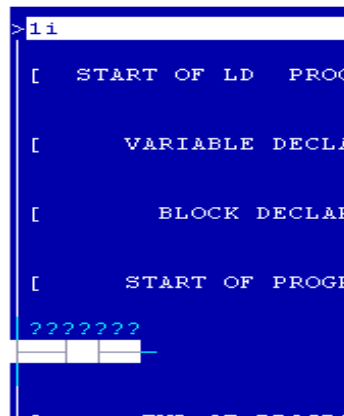
Figura 42. Introducción de elementos lógicos



- Las referencias se pueden introducir a través de la línea de comandos de las siguientes dos maneras:

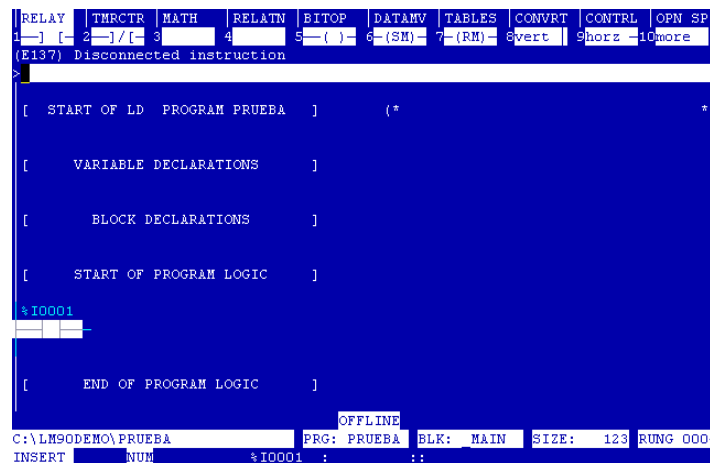
- Introduciendo el tipo de referencia y luego la dirección (por ejemplo, %I1).
- Introduciendo lo mismo pero en orden inverso (1I).

Figura 43. Introducción contactos



- El proceso continúa hasta que la instrucción es completada y preparada para ser aceptada. Una instrucción puede ser aceptada pulsando INTRO con la línea de comandos vacía o con la tecla \pm del teclado numérico. Si hay un error en la instrucción, entonces ésta no será aceptada y el cursor se situará en el elemento incorrecto. En la siguiente pantalla el error consiste en no haber terminado la instrucción (Disconnected instruction) ya que el contacto de %I0001 no desemboca en ninguna función o bobina (Ver figura 44).

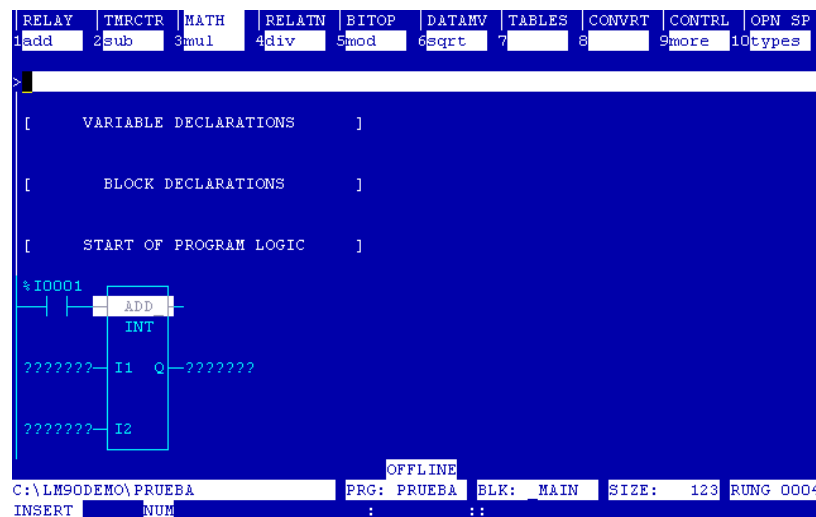
Figura 44. Contactos



6.5.4.5 Introducción de funciones.

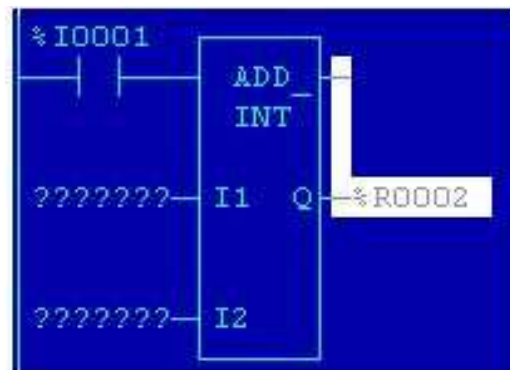
- Primero, introducir cualquier elemento lógico que habilite la función (por ejemplo, un contacto con la referencia %I0001).
- Seleccionar el tipo de función deseada utilizando la barra de herramientas superior. Por ejemplo, seleccionaremos de entre las funciones matemáticas, para ello pulsamos Mayús.-F3.
- Seleccionamos la función deseada, por ejemplo ADD:

Figura 45. Introducción funciones



- La tecla de tabulación puede ser usada para situar el cursor encima de cada parámetro de la función.

Figura 46. Introducción parámetros para funciones



6.5.4.6 Salir de la edición del programa. Existen tres maneras para salir del programa:

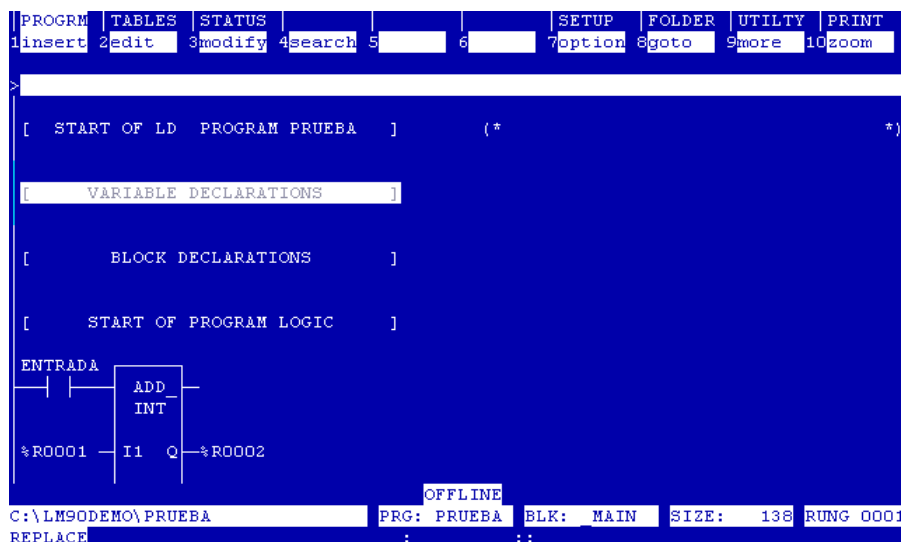
- Pulsando la tecla ESC. Si la instrucción es aceptada, entonces la barra de herramientas superior será restaurada y el nuevo programa (o modificación realizada a uno existente) será grabada. Después de aceptar una instrucción, el cursor se desplaza al próximo escalón, preparado para introducir una nueva instrucción. Si la instrucción no es correcta, un mensaje de error aparecerá y el cursor se posicionará en el lugar donde está el error.
- Pulsar INTRO con la línea de comando vacía (o con la tecla + del teclado numérico).
- Pulsar ALT-A para salir del modo inserción o edición sin modificar el programa existente (requiere confirmación). Pulsando ALT-A por vez primera, la instrucción quedará en su estado original. En el modo de inserción quedara un escalón vacío. Pulsando ALT-A por segunda vez, saldremos de la función de inserción.

6.5.4.7 Tabla de declaración de variables. Se pueden introducir anotaciones en el programa usando la tabla de declaración de variables.

Mostrar la tabla de declaración de variables:

- Mover el cursor hasta [VARIABLE DECLARATIONS].

Figura 47. Declaración de variables



- Pulsar ZOOM (F10).

Figura 48. Variable declarada

```

PROGRAM | TABLES | STATUS |      |      | SETUP | FOLDER | UTILITY | PRINT
1insert | 2edit   | 3delete | 4search | 5copy  | 6      | 7      | 8goto  | 9region | 10switch

>
      V A R I A B L E   D E C L A R A T I O N   T A B L E
      REFERENCE      NICKNAME      REFERENCE DESCRIPTION
      -----
      I0001          ENTRADA        Descripción entrada

```

- La tabla de identificadores aparece en pantalla al pulsar F10 (switch). Esta tabla lista el nombre del programa, JUMPs, LABELs, MCRs, ENDMCRs y los bloques subrutinas que se hayan declarado en este programa. No se pueden insertar nuevas entradas en esta pantalla, si embargo se puede editar entradas ya mostradas. Por ejemplo, podremos asignar una descripción al nombre del programa.

Introducir declaración de variables. Debemos proceder como sigue:

- Pulsar Insert (F1). Aparecerá un campo en la columna REFERENCE.
- Introducir la referencia en este campo (por ejemplo, %R2 o 2R), y pulsar después INTRO o la tecla de tabulación para cambiar al campo NICKNAME.
- Introducir una etiqueta en el campo NICKNAME (por ejemplo, REG_ENT) y después pulsamos INTRO a la tecla de tabulación para cambiar al campo

Reference description.

- Introducir de 1 a 32 caracteres como descripción de la referencia. Sólo se muestran 28 de los 32 caracteres.
- Para aceptar esta entrada basta con pulsar la tecla INTRO o + del teclado numérico. El cursor se moverá al campo REFERENCE de la próxima línea.
- Para introducir un NICKNAME para la próxima referencia, basta con pulsar INTRO o la tecla de tabulación y la próxima referencia se insertará en el campo REFERENCE (es decir, si acabamos de introducir la referencia %R0001, al pulsar INTRO o la tecla Tabulación, automáticamente en el campo REFERENCE

aparecerá la referencia %R0002). Si esto no es lo que se desea, entonces escribiremos en el campo la referencia deseada y pulsaremos INTRO.

- Se puede continuar este proceso hasta haber introducido todas las referencias del programa.
- Para salir del modo inserción hay que pulsar la tecla ESC. Para volver a la pantalla del programa hay que volver a pulsar ESC.

Editar la declaración de variables. Para cambiar el contenido de la declaración de variables debemos proceder así:

- Situar el cursor en la referencia que se desea modificar. Pulsar Edit (F2).
- Usar la tecla INTRO, la de movimiento del cursor o la de tabulación para movernos de campo en campo. Escribir la modificación en el campo deseado.
- Después de haber efectuado la modificación, pulsar INTRO o la tecla + para aceptar los cambios en esta referencia. Pulsar ESC para terminar de aceptar los cambios y terminar la edición.

Borrar declaración de variables. Para borrar una o más entradas de la tabla de declaración de variables, situaremos el cursor en la que deseamos borrar y pulsaremos Delete (F3) o ALT-D. Repetir este proceso hasta que se hayan borrado las entradas deseadas de la tabla. Para deshacer el borrado hay que pulsar ALT-A antes de abandonar la tabla con ESC. Si dejamos la tabla el proceso de borrado es irreversible.

Buscar en la declaración de variables. Para localizar una variable hay que:

- Pulsar Search (F4).

Entrar o bien la referencia o bien la etiqueta (nickname) asociada en el campo SEARCH FOR y pulsar INTRO.

Uso de goto. La función Goto (F8) puede ser usada para mover el cursor por la tabla de declaración de variables. Por ejemplo, si escribimos en la línea de comandos 1 y luego pulsamos F8, llevaremos el cursor a la primera variable.

Identificador de la tabla. Si pulsamos Switch (F10), tendremos la posibilidad de colocar una descripción a la tabla (descripción que aparecerá en la cabecera del programa lógico).

6.5.4.8. Elementos de un programa lógico de contactos. Se puede acceder a todas las instrucciones o bien desde la función INSERTAR (F1) o bien desde la función EDITAR (F2). Mediante las siguientes teclas de función tendremos acceso

a cada una de las instrucciones necesarias para confeccionar un programa lógico, ver tablas 11 y 12.

Tabla 11. Teclas de funciones

Sección	Título	Descripción
1	Funciones Relé	Describe los contactos, bobinas y enlaces.
2	Temporizadores y contadores	Describe los temporizadores con retardo a la conexión y del tipo cronómetro, contadores crecientes, y contadores decrecientes.
3	Funciones matemáticas	Describe la suma, la resta, la multiplicación, la división, la división de módulos y la raíz cuadrada.
4	Funciones relacionales	Describe cómo comparar dos números para ver igualdad, no-igualdad, mayor que, mayor que o igual a, menor que, y menor que o igual a.
5	Funciones de operaciones con bits	Describe cómo realizar la comparación y operaciones de movimiento sobre cadenas de bits.
6	Funciones para mover datos	Describe las capacidades para mover datos básicos.
7	Funciones de tablas	Describe cómo usar las funciones de tablas para introducir valores en ellas y copiar valores sacándolos de las mismas.
8	Funciones de conversión	Describe cómo convertir un elemento de datos de un tipo de número a otro.
9	Funciones de control	Describe cómo limitar la ejecución del programa y alterar el modo en que la CPU ejecuta la aplicación del programa usando las funciones de control.

Tabla 12. Instrucciones software

TECLA	INSTRUCCIÓN	MNEMOTÉCNICO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
F1	- -	&NOCON	Contacto normalmente abierto	Un contacto normalmente abierto deja pasar flujo si la variable asociada está en ON.
F2	- / -	&NCCON	Contacto normalmente cerrado	Un contacto normalmente cerrado deja pasar flujo si la variable asociada está en OFF.
F5	-()-	&NOCOIL	Bobina normalmente abierta	La variable asociada se pone en ON si la bobina recibe flujo.

Continuación tabla 12.

TECLA	INSTRUCCIÓN	MNEMOTÉCNICO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
F6	-(SM)-	&SMLAT	Bobina de retención del SET	La variable asociada se pone en ON si la bobina recibe flujo. La variable se queda así hasta que es reseteada por una bobina -(RM)-. Este estado se mantiene incluso por un fallo de corriente y una transición de STOP a RUN.
F7	-(RM)-	&RMLAT	Bobina de retención del RESET	La variable asociada se pone en OFF si la bobina recibe flujo. La variable queda en RESET hasta que es puesta en SET por una bobina -(SM)-. Este estado se mantiene incluso por un fallo de corriente o una transición STOP a RUN.
F8	vert	&VE	Vínculo vertical	Vínculo vertical en una instrucción.
F9	horz -	&HO	Vínculo horizontal	Derivación, también actúa como borrado en una instrucción.
F10	More			Funciones de relé adicionales.

Continuación tabla 12.

TECLA	INSTRUCCIÓN	MNEMOTÉCNICO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
F1	— <+>	&COILCTD	Bobina de continuación	Si el flujo que atraviesa la bobina está en ON, la bobina de continuación pone el próximo contacto en ON. Si el flujo que atraviesa la bobina está en OFF, la bobina de continuación pone el próximo contacto en OFF.
F2	<+>—	&CONCTD	Contacto de continuación	El contacto de continuación deja pasar flujo hacia la derecha si la bobina de continuación que la precede está en ON.
F3	-(/M)-	&NCMCOIL	Bobina de retención negada	La variable discreta asociada se pone en ON si la función no recibe flujo. Este estado es retenido en caso de fallo de alimentación o por una transición STOP a RUN.
F4	-(/)-	&NCCOIL	Bobina negada	La variable discreta asociada se pone en ON si la bobina no recibe flujo.

Continuación tabla 12.

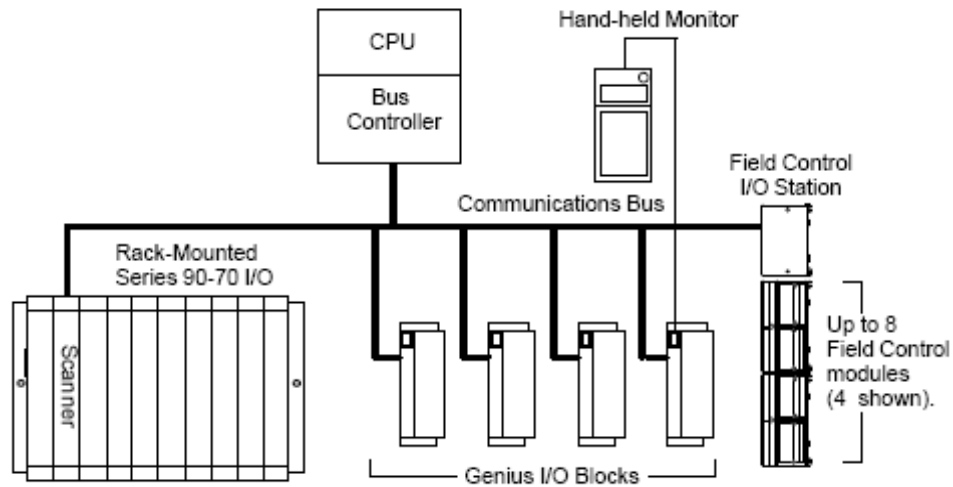
TECLA	INSTRUCCIÓN	MNEMOTÉCNICO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
F5	-(M)-	&NOMCOIL	Bobina de retención	La variable discreta asociada se pone en ON si la bobina recibe flujo. El estado es retenido en caso de fallo de alimentación o por una transición STOP a RUN.
F6	-(S)-	&SLAT	SET de bobina	La variable discreta asociada es puesta a SET si la bobina recibe flujo. Queda en SET hasta ser RESETeada por una bobina -(R)-.
F7	-(R)-	&RLAT	RESET de bobina	La variable discreta asociada es puesta en OFF si la bobina recibe flujo. Queda en RESET hasta ser puesta en SET por una bobina -(S)-.

Continuación tabla 12.

TECLA	INSTRUCCIÓN	MNEMOTÉCNICO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
F8	-()-	&PCOIL	Bobina de transición positiva	Si la variable discreta asociada está en OFF cuando la bobina recibe flujo, la variable será puesta en ON por un flanco positivo (un flanco positivo es la puesta a uno lógico de una variable discreta durante el tiempo que la bobina asociada recibe flujo en un ciclo de la ejecución del programa).
F9	-(↓)-	&NCOIL	Bobina de transición negativa	Si la variable discreta asociada está en ON y la bobina no recibe flujo, la variable será puesta en OFF por un flanco positivo.
F10	More			Retorno al primer nivel de las funciones de relé.

6.6. GENIUS BUS CONTROLLER

Figura 49. Red genius



Fuente: Genius_I/O system and communications unit. usa: Ge fanuc automation, 1994. p. 9.

La serie 90-30 genius bus controller (GBC), se utiliza para interfaces seriales de autobús Genius (módulos E/S) hacia un PLC serie 90-30. La GBC recibe y transmite datos de control de hasta 128 Bytes para soportar un máximo de 31 dispositivos en el bus de Genius.

Genius bloques. Interfaz con una amplia gama de dispositivos discretos, analógicos y con destino específicos. Los bloques Genius son módulos configurables en sí mismos, con capacidades avanzadas de diagnóstico y algunas características programables por software.

La Serie 90 – 70 Remote E/S. Bastidor montado a el módulo utilizado para realizar interfaces remotas con la serie 90-70 hacia los Genius blocks.

Módulos de control sobre el terreno (field control estaciones E/S). Consiste de una unidad de interfaz de bus (BIU) y hasta 8 módulos E/S discretos o análogos adicionales. BIU ofrece el procesamiento inteligente, exploración de E/S y la ventaja de configurar los módulos de E/S.

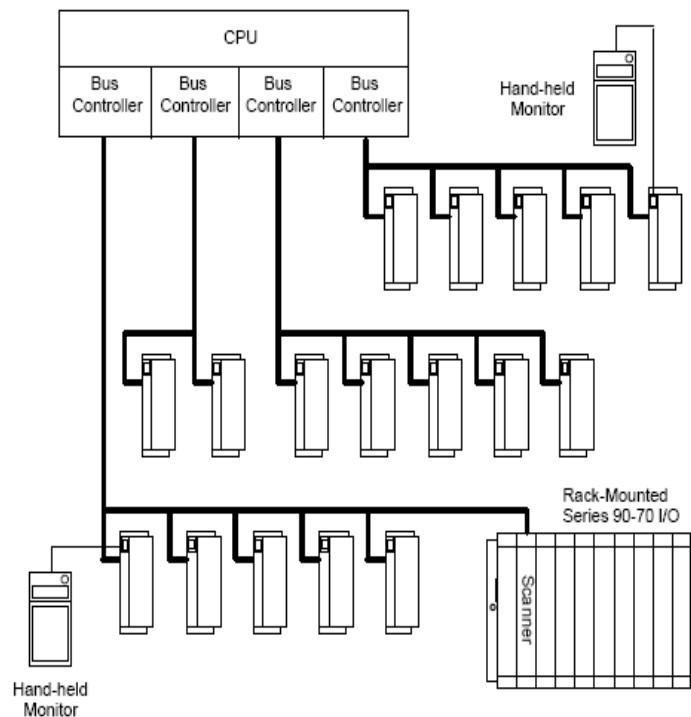
Comunicación de bus. La transferencia de datos en el bus es serial y permite conectar hasta 32 dispositivos para la comunicación. La comulación en el bus puede incluir mensajes de datos globales y mensajes de diagnóstico.

Controladores de bus. Ubicados en un ordenador o PLC controlando la transferencia de datos entre la CPU y un bus de comunicaciones.

PLC controladores de bus. En un PLC el bus controlador realiza automáticamente la transferencia de los datos provenientes de los módulos E/S entre la CPU y el Bus. No se necesita programación adicional para el servicio de rutina de los módulos E/S. El diagnóstico de bus es automático a cargo de la Serie 90, mostrando en una tabla de falla el resultado del mismo.

Número de controladores de bus. El procesador puede supervisar el funcionamiento de los controladores de varios buses de comunicación; esto permite que la misma máquina pueda controlar o supervisar el funcionamiento de varios buses al mismo tiempo.

Figura 50. Cantidad de controladores de bus



Fuente: Genius_I/O system and communications unit. usa: Ge fanuc automation, 1994. p. 10.

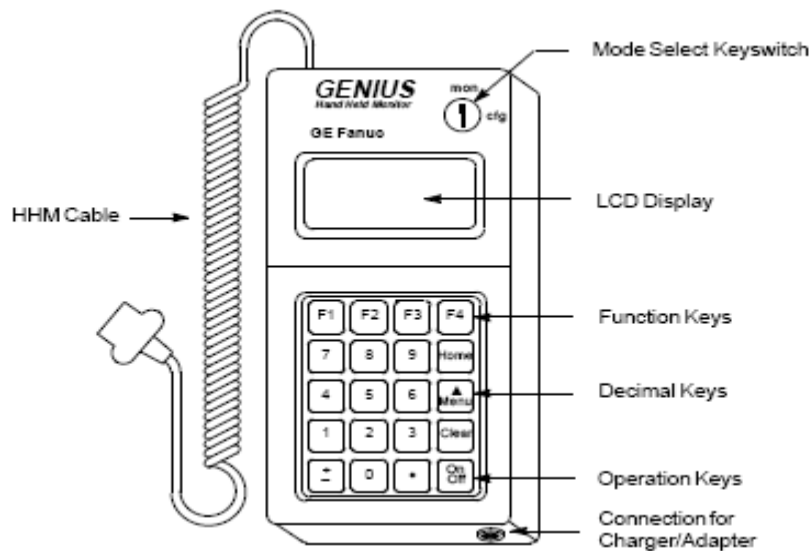
El número de buses de comunicación que se pueden utilizar en una red genius depende de la capacidad de apoyo a la CPU (múltiples controladores de bus) y de la capacidad referencial para módulos E/S que posea.

Los dispositivos se pueden distribuir en varios buses de comunicación, pueden depender de las necesidades al momento de la aplicación.

Programador mano monitor. Dispositivo que proporciona una interfaz cómoda para la supervisión, configuración y diagnósticos de los Genius Bloques.

- Una pantalla LCD de cuatro líneas de 16 caracteres cada una.
- Cuatro display para mostrar la etiqueta de teclas de función.
- Un teclado decimales, incluyendo signo y punto decimal claves.
- Cuatro teclas de función determinada.
- Una robusta maleta de transporte que puede ser montada en un cinturón o estar en posición vertical sobre una mesa.
- Contraseñas para restringir el acceso a ciertas funciones.
- El display del monitor muestra los mensajes y se pueden configurar en cualquiera de los cuatro idiomas disponibles (inglés, alemán, francés o italiano).
- Puede comunicarse con los bloques y módulos E/S exista o no, un autómatas conectado a la red.

Figura 51. Programador mano monitor



Fuente: Genius_I/O system and communications unit. usa: Ge fanuc automation, 1994. p. 12.

Funciones:

- Configuración Genius bloques.
- Visualizar los datos de identificación de cada dispositivo en el bus.
- Visualizar los valores actuales de los módulos entrada/salida.
- Visualizar el tiempo actual de barrido del bus.
- Visualizar y eliminar fallas.

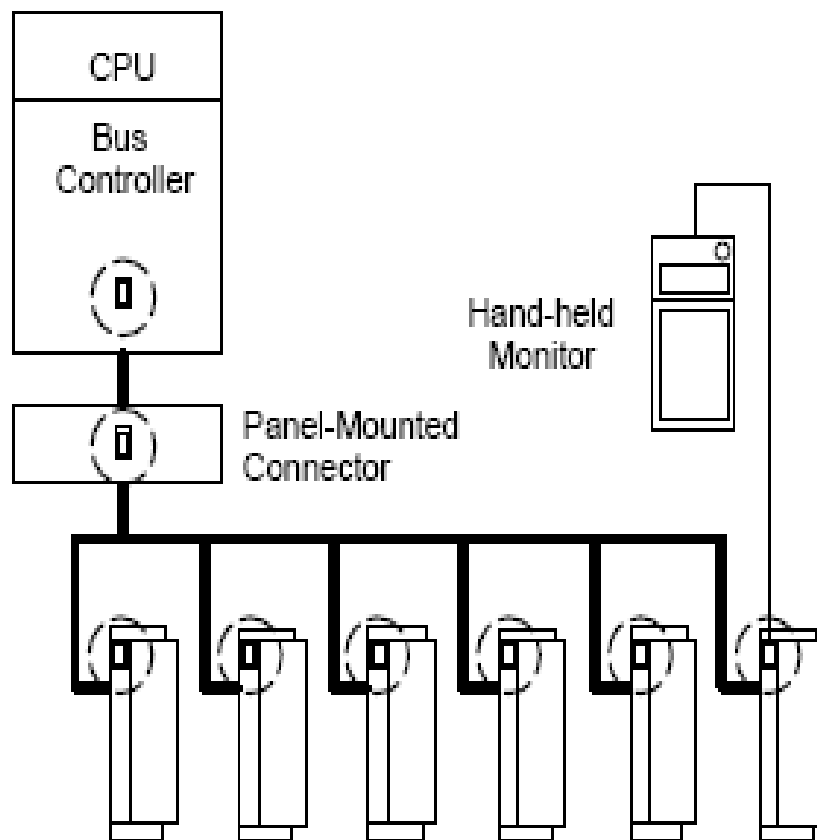
- Forzar circuitos de E/S.
- Visualizar los datos de alta velocidad.

Ventajas:

El monitor de mano, puede ser utilizado como un dispositivo portátil de operación; atribuyendo fácilmente a cualquier dispositivo en el bus.

Adicionalmente la conexión del monitor de mano puede ser en cualquier panel de conexión dependiendo de la conveniencia del operador. Cada punto de conexión del monitor de mano proporciona la igualdad de acceso a cualquier dispositivo en el bus, también puede ser alimentado por su batería interna o directamente por 115 VAC O 230 VAC.

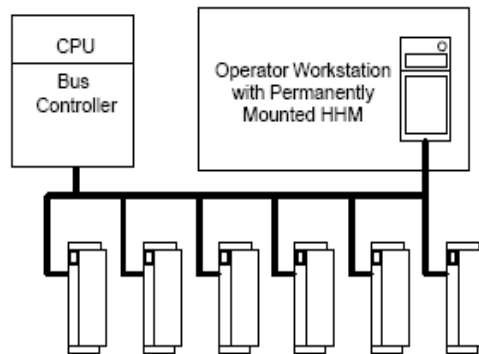
Figura 52. Montaje programador mano monitor



Fuente: Genius_I/O system and communications unit. usa: Ge fanuc automation, 1994. p. 13.

Puede ser montado en un panel determinado usando su kit de montaje para su uso como un operador de trabajo fijo. La ubicación debe facilitar el acceso a conexiones de poder 115 VAC o 230 VAC, para su respectiva alimentación con el fin de no utilizar su batería interna.

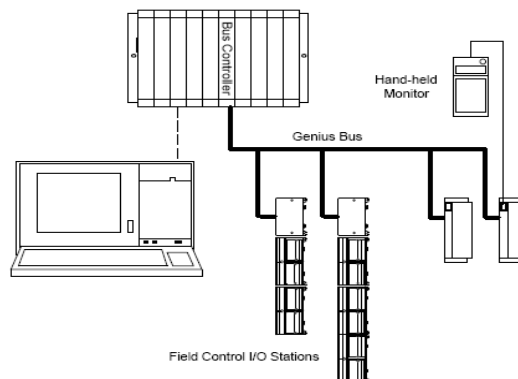
Figura 53. Programador mano monitor operador de trabajo fijo



Fuente: Genius_I/O system and communications unit. usa: Ge fanuc automation, 1994. p. 13.

Módulos E/S, (Field Control Station). En conjunto, la unidad de interfaz de bus (BIU) y sus módulos (E/S) componen una estación de control de campo.

Figura 54. Módulos E/S field control



Fuente: Genius_I/O system and communications unit. usa: Ge fanuc automation, 1994. p. 19.

La unidad Bus Interfaz (BIU) y los módulos de E/S se adjuntan en firmes carcasas de aluminio compacto.

La BIU y módulos de E/S se conectan por medio de pernos de seguridad a la estación de bloques proporcionando todos los terminales de cableado de campo. Las estaciones de bloques E/S son genéricas y aceptan diferentes tipos de módulos E / S. Usar los módulos Field Control en un bus Genius genera bajo costo, tamaño y flexibilidad del mismo, teniendo en cuenta la versatilidad, las comunicaciones y las características del sistema de Genius que lo acompañan.

6.6.1. Arquitectura abierta para la red genius. Una amplia gama de dispositivos compatibles Genius - han sido desarrollados por otras compañías, proporcionando incluso mayor potencial y flexibilidad de los sistemas genius.

Entre los Genius compatibles con los productos que se han desarrollado son las siguientes:

- Micro Channel Personal Computer Interface Module (PCIM) que pueden ser utilizados en el PS/2, computadoras personales y en los ordenadores IBM industriales. Utiliza la misma biblioteca de software de GE Fanuc PCIM.
- Válvula / Sensor Múltiples, que se conectan al genius bus. Estos dispositivos pueden eliminar la necesidad de alambre de válvulas solenoides individuales y se configuran fácilmente, siendo supervisados desde un Genius mano Monitor.
- DC Drives digitales que se conectan directamente al Genius bus. Estos variadores de velocidad pueden comunicarse con el PLC.
- Un protocolo MODBUS RTU, módulo de puerta de enlace para SCADA y control de procesos para distintas aplicaciones.

GE Fanuc no vende estos productos directamente. Sin embargo, los representantes de ventas de GE Fanuc proporcionan información acerca de estas y otras nuevas arquitecturas abiertas para sistemas Genius.

6.6.2. Visión general de las comunicaciones y de bus.

Cada dispositivo Genius tiene:

- Una interfaz personalizada, comunicaciones y circuitos integrados que llevan a cabo todas las comunicaciones de protocolo de error y control.
 - Dispositivo de pruebas de señal para cada ciclo de secuencia y calendario, y que realiza correcciones automáticas de errores de un solo pulso.
- Por último, el dispositivo realiza en todo el mensaje un CRC - 6 (Cyclic Redundancy Check). Si el código CRC no es válido, el dispositivo rechaza el

mensaje. Si el mensaje requiere de un reconocimiento el dispositivo envía automáticamente el mensaje repitiéndolo hasta que se obtenga una señal de recibido.

6.6.3. Características técnicas.

Tabla 13. Características técnicas red genius

Tipo de Bus	Daisy – Chained, cable del bus; único par trenzado más escudo o trenzado. También se puede utilizar cable fibra óptica y cable módems.
Bus Terminación	75, 100, 120, o 150 ohmios resistencia en ambos extremos del cable eléctrico del bus.
Baud Rate	Configurable a, 153.6 Kbaud estándar, 153.6 Kbaud prorrogado, 78.6 Kbaud o 38.4 Kbaud.
Longitud máxima de bus	7500 pies a 38,4 Kbaud, 4500 pies a 76,8 Kbaud, 3500 pies en 153,6 Kbaud prorrogado, 2000 pies a 153,6 Kbaud estándar. La duración máxima de cada baudio depende también del tipo de cable a utilizar.
Número máximo de dispositivos	32 dispositivos a 153,6 Kbaud estándar, 153,6 Kbaud prorrogado, o 76,8 Kbaud. 16 dispositivos en 38,4 Kbaud Velocidad. Incluye bus y típicamente un monitor de mano.
Codificación de datos	Cada Bit es codificado en tres dipulsos, la mayoría de votos en el receptor para corregir cualquier dipulso erróneo. Un dipulso es un código que consta de un hecho positivo y después el negativo. Los dipulsos individualmente rechazan la muestra de alta y baja interferencia de las frecuencias de la red.
Modulación técnica	FSK, 0 a 460,8 Khz Máx., 153.6 Kbaud.
Aislamiento	2000 voltios de alta Potencia, 1500 voltios transitorios con rechazo al modo común.
Interferencia Señal/ruido	60 db

6.6.4. Genius bus protocolo. Acceso a la red de paso – token passing con el "implicit token" y "fase token recovery" algoritmos. Implicit token, asegurando que la transición de los dispositivos en línea o fuera de línea no perturbe el funcionamiento de otros nodos.

Fast token. Rápido modo de recuperación, restablece el dispositivo de acceso de los siguientes sistemas transitorios. Comprobación de redundancia cíclica para cada mensaje proporcionando una alta fiabilidad.

Inicio de sesión automático en la secuencia de mensajes que retransmite los parámetros críticos, como la longitud de los datos, mezcla de E/S, la referencia de dirección y el número de dispositivos entre los nodos de inicialización o programadas por el usuario después de los cambios de los parámetros críticos. Automáticamente todos los dispositivos de bus seriales realizan una prueba de fallos antes de comenzar operaciones.

Servicios de Comunicaciones. Pueden ocurrir varios tipos de comunicaciones, entre ellas:

E/S de servicio. Los módulos de entrada se emiten por todos los buses, realizando un escáner de todos los CPU`S de un mismo bus.

Las salidas son enviadas selectivamente a cada bus de barrido de cada cuadra de CPU`S, utilizando las salidas Activada / Desactivada, característica del módulo de interfaz de bus.

Datagramas.

- Un datagrama puede ser enviado por escáner de bus.
- Reconocimiento y la retransmisión.
- Pueden ser enviados automáticamente de un dispositivo a otro.
- Pueden contener un máximo de 128 bytes de datos en el envío de una CPU a otra.
- Pueden ser enviados desde el bloque del programa de aplicación o de otra CPU al bus.

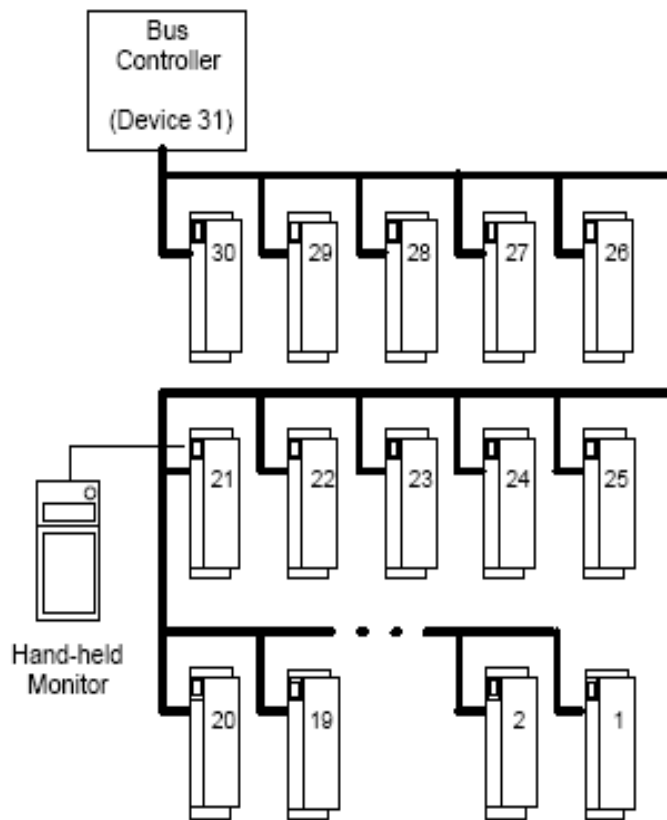
Dato global.

- No requiere de la aplicación lógica del programa para enviar o recibir.
- Difusión automática de datos para cada exploración.

- Cada CPU puede transmitir hasta 128 bytes de datos.
- Todas las CPU'S reciben todas las emisiones.
- No acuse a la iniciación de la CPU.

Un bus tiene 32 posibles dispositivos (también llamado bloque de números de serie o direcciones de bus). Que se asignan cuando se hace la configuración de los dispositivos. (Los dispositivos no tienen que estar situados en el bus como números de dispositivos en secuencia).

Figura 55. Cantidad dispositivos en bus un de comunicación

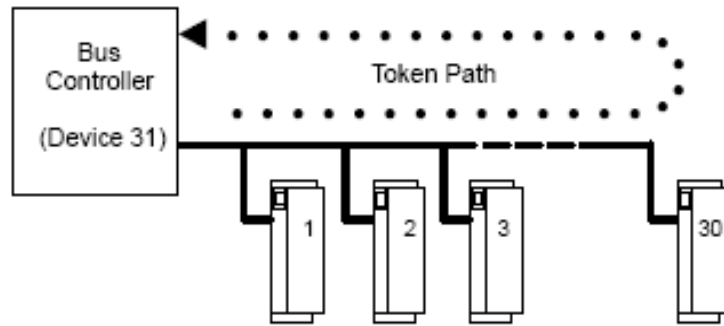


Fuente: Genius_I/O system and communications unit. usa: Ge fanuc automation, 1994. p. 23.

Las comunicaciones en un bus se producen por un método llamado "paso de testigo (token passing)". Los dispositivos pasan por un modo implícito (implicit token), el cual rota entre ellos en la secuencia de dispositivo a dispositivo de 0 a 31.

Esta secuencia se llama un escaneo de bus, después del barrido del dispositivo número 31 se ha terminado el escaneo en el bus y a su vez este se reinicia en el dispositivo 0.

Figura 56. Token passing

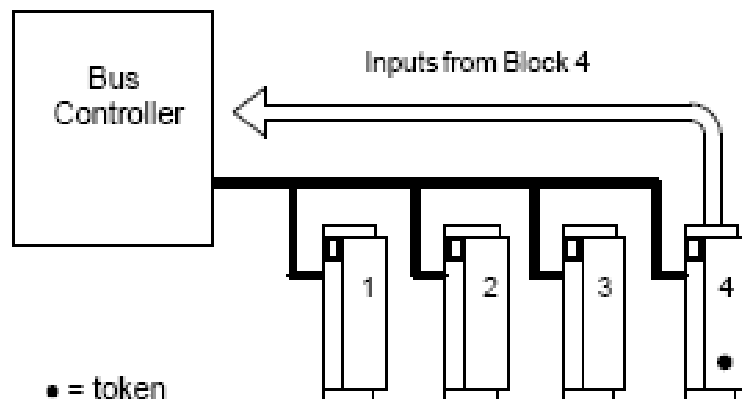


Fuente: Genius_I/O system and communications unit. usa: Ge fanuc automation, 1994. p. 23.

Mientras el dispositivo tenga la prioridad de transmitir, puede enviar mensajes, por ejemplo, para finalizar su turno de transmitir, envía una señal desde el dispositivo (finalizando su transmisión en la red), permitiéndole al testigo (token passes) pasar al siguiente dispositivo.

Diagnostico módulos E/S. Cada vez que un bloque de comunicación recibe el modo transmisión, todas sus entradas lo realizan al mismo instante.

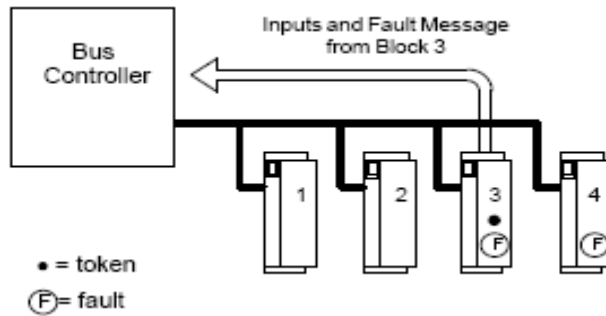
Figura 57. Diagnóstico módulos E/S



Fuente: Genius_I/O system and communications unit. usa: Ge fanuc automation, 1994. p. 24.

Si se ha producido una falla, el módulo también puede enviar un mensaje de diagnóstico proporcional a otros antecedentes, dándole a conocer a la red que el mensaje a transmitir no ha sido enviado durante el tiempo de barrido del actual bus.

Figura 58. Detección de falla en diagnóstico



Fuente: Genius_I/O system and communications unit. usa: Ge fanuc automation, 1994. p. 24.

Sólo un mensaje de diagnóstico puede ser enviado en cualquier barrido de bus. Si un mensaje ha fallado en su transmisión este ya ha sido enviado (por otro dispositivo) en ese barrido, el bloque anterior ahorra su propio mensaje de diagnóstico hasta el siguiente escáner de bus.

Por ejemplo, si el testigo (token) se encuentra actualmente en el bloque 2 y se producen fallas en los bloques 3 y 4 al mismo tiempo, el bloque 3 puede enviar su mensaje de diagnóstico solo si otro mensaje no ha sido enviado en ese barrido de bus. El bloque 4 debe esperar por lo menos otro barrido para enviar su mensaje de diagnóstico.

El controlador de la unidad de interfaz de bus recibe todas las entradas que han sido emitidas por los bloques y cualquier mensaje de diagnóstico en el mismo bus.

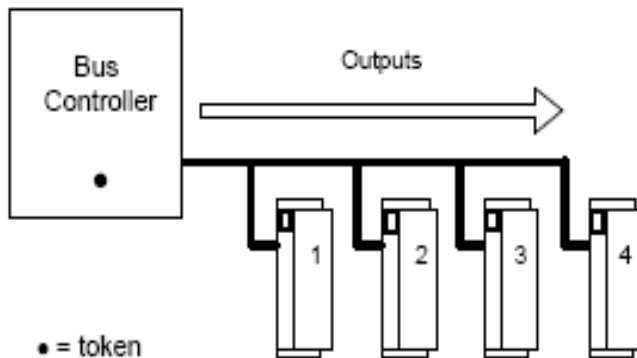
La cpu del autómata programable lee automáticamente los datos de la controladora de bus. El ordenador debe usar la lógica del programa para la lectura de E/S de datos y los informes de fallas que presente cada barrido que realice el sistema.

A medida que el programa ejecuta la aplicación, la cpu envía las salidas y los comandos al controlador del bus, lo anterior ocurre automáticamente en un autómata, pero requiere de la lógica del programa en una computadora.

Cuando el controlador de bus recibe el testigo (token), transmite sus actuales salidas y comandos.

Las salidas son dirigidas a cada bloque a su vez ellas no son emitidas. Si el programa de aplicación incluye cualquier comando a otro dispositivo en el bus, el controlador de bus lo envía a su destino apropiado, entonces, el testigo (token) pasa al dispositivo con el próximo número de dispositivos.

Figura 59. Transmisión de señales de salida



Fuente: Genius_I/O system and communications unit. usa: Ge fanuc automation, 1994. p. 25.

El monitor de mano tiene asignado generalmente el número más bajo de los dispositivos que existen en el bus y puede enviar un mensaje a otro dispositivo en el bus, luego el testigo (token) pasa al primer bloque de E/S.

La cantidad de tiempo necesario para completar el barrido de un bus depende del número de dispositivos asociados a la unidad de interfaz de bus y el tipo de mensajes que se envían. Se debe tener en cuenta que el tiempo mínimo que se requiere para explorar un bus es 3mS, este tiempo mínimo es garantizado e implementado por el módulo de interfaz de bus. El tiempo de exploración de bus se puede visualizar con un monitor de mano.

Datagramas y datos globales. Una red Genius también se pueden usar para la comunicación de:

- Datagramas individuales.
- Global Data.

Los datagramas pueden ser enviados desde una computadora, un autómata programable, bloques de E/S o desde uno o más ordenadores adicionales en el mismo bus. Por ejemplo, los datagramas pueden ser usados para cambiar la configuración de los bloques de E/S, leer sus diagnósticos y obtener más información detallada de otros bloques E/S interconectados a la red. Los datagramas también pueden ser usados para leer hasta 128 bytes de información

de otro ordenador o para enviar hasta 128 bytes de información de uno o más ordenadores.

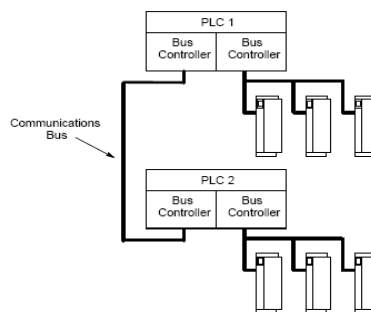
Cuando un bus le da servicio a más de un ordenador o PLC los datos globales pueden ser usados para emisión de hasta 128 bytes cuando se ha escaneado cada bus de comunicación. A diferencia de los datagramas los datos globales tienen las siguientes características:

- Envía automáticamente la exploración a cada bus.
- Transmite a todos los demás ordenadores.
- Pueden tener acceso a una amplia gama de memorias para el envío y la recepción de datos entre ordenadores.

El uso de datagramas o dato global alarga el tiempo de exploración de un bus de comunicación.

Dependiendo de las necesidades de la aplicación el bus puede ser utilizado tanto para comunicación, control y servicio de los módulos E/S los cuales se podrán llevar a cabo en buses separados.

Figura 60. Comunicación de bus.



Fuente: Genius_I/O system and communications unit. usa: Ge fanuc automation, 1994. p. 26.

6.6.5. Características y beneficios. Los beneficios potenciales que se derivan de un sistema Genius son de cuatro tipos principales:

- La reducción de la ingeniería de software.
- Velocidad.
- Ahorro de costos de instalación.
- Reducción de costos en el tiempo de inactividad.

Los ahorros de costos que proporcionan los módulos genius de E/S se realizan a través de:

Flexibilidad en la configuración. Los bloques genius tienen muchas características configurables por software dependiendo del tipo de módulo utilizado en la aplicación implementada. Por ejemplo, muchos bloques genius discretos E/S tienen entradas y salidas programables permitiendo a cualquier circuito que se cree como una entrada o una salida. Lo cual significa que con un solo bloque de 8 circuitos de campo son configurables cualquiera de las 256 combinaciones permitidas para entradas y salidas, distribuidas según la aplicación.

Reducción de costos de instalación. Los beneficios en costos y productividad se reflejan principalmente en la optimización de los procesos de ingeniería y la mejor utilización de equipos, gracias al ahorro de cableado, materiales y mano de obra que maneja el sistema genius, comparada con otros sistemas.

Antes de iniciar la programación todo el sistema de E/S puede ser probado para prevenir posibles errores que pueden generar muchas fallas y pérdidas al momento de terminar el ensamble.

Los bloques E/S pueden ser removidos e insertarse sin perturbar el cableado de campo, debido a que están conectados a la unidad de interfaz de bus por separado.

Diagnóstico avanzado. El sistema utilizado por los dispositivos puede detectar con antelación tanto las fallas internas, como las emitidas por los dispositivos adjuntos, antes de que causen un mal funcionamiento del equipo. El sistema puede aislar e identificar específicamente las fallas a nivel de circuito para la rápida y precisa labor de mantenimiento preventivo o correctivo.

El monitor de mano puede forzar los módulos E/S dentro y fuera del cableado de la red; realiza diagnósticos con o sin el ordenador conectado. Un sistema puede ser alambrado y depurar en las etapas sin haber escrito el programa.

Más allá de estos beneficios, la flexibilidad, la potencia y la inteligencia incorporada en el sistema genius puede facilitar la producción y el diseño del equipo de ingeniería.

6.7. ENTRADAS DISPONIBLES PARA LA PROGRAMACIÓN EN LOS MÓDULOS E/S (FIELD CONTROL).

Analizando las necesidades que se plantearon al principio del proyecto, se decidió escoger los módulos E/S de las patas de Gantry para realizar la interconexión del control remoto a la grúa, porque desde este punto de la grúa se pueden apreciar todos los movimientos de la misma.

El control lógico programable posee 2048 entradas repartidas y cableadas por los diferentes módulos E/S de la grúa (cada módulo tiene la capacidad de 16 entradas).

Figura 61. Tabla de configuración de entradas cableadas y disponibles

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
|PROGRAM|TABLES|STATUS|
1|plcrun|2|passwd|3|plcflr|4|io flt|5|plcmem|6|blkmem|7|refsiz|8|sweep|9|
(N0) No field to move to
>

REFERENCE TABLE CONFIGURATION

TABLE          HIGHEST USED - FOLDER  CONFIG LIMIT - FOLDER  CONFIG LIMIT - PLC
-----
INPUTS         %I : 2048                2048                *****
OUTPUTS        %Q : 912                 2048                *****
INTERNAL COILS %M : 3872            4096                *****
TEMPORARY COILS %T : 3                 256                 *****
GENIUS GLOBAL  %G : 1088               1280                *****
REGISTERS      %R : 8002               9999                *****
ANALOG INPUTS  %AI : 33                2048                *****
ANALOG OUTPUTS %AQ : 0                 512                 *****

G:\DOCUMENT1\USUARIO\DESKTOP\UER+ PRG: PLC
REPLACE
  
```

Se analizaron y se probaron las primeras 48 entradas ubicadas en el sector de las patas de Gantry, verificando que se encontraban disponible 14 entradas; el proyecto hará uso de 12 entradas repartidas en tres módulos E/S GE FANUC, ver tabla 14.

Tabla 14. Entradas control remoto

Entrada	Sigla	Descripción
%I0013	SEBOOM	Selección movimiento Boom
%I0017	GANHOIS	Gantry izquierda - Hoist arriba
%I0018	GAMHOIS	Gantry derecha - Hoist abajo
%I0019	RCRESET	Control ON – RESET
%I0020	CTOFPB4	Control OFF
%I0028	TROBOOM	Trolley adelante - Boom arriba
%I0029	TRBOMM	Trolley atrás - Boom abajo
%I0030	SEGAN	Selección movimiento Gantry
%I0031	SEHOIST	Selección movimiento Hoist
%I0032	RBSPB4	Activar frenos de riel
%I0045	RBRPB4	Desactivar frenos de riel
%I0046	SETROEY	Selección movimiento Trolley

6.8. LÓGICA DE CONTROL

La lógica de control es escalera, tiene como herramienta el software Logic Master 90, por medio del software se ejecutan los arranques, enclavamientos, frenos, monitoreo, entre otras operaciones que los motores y otras partes de la grúa ofrecen para el buen funcionamiento de la misma. El sistema esta conformado por varias rutinas de programas dedicadas a una función específica, control de alarmas e interoperatividad con la red Genius (GE). A continuación se mostrara cada rutina de programa y la relación que tiene con las tareas del controlador.

Dentro de la estructura del programa se tienen varias rutinas dedicadas al control y monitoreo de la grúa pórtico, que son, ver figura 62 – 63.

- RSTMOD
- STATION
- HOIST
- GANTRY
- TROLLEY
- BOOM
- HGPCA
- TBPCA
- SILLBM
- BLOWERS

Figura 62. Rutinas de programa 1

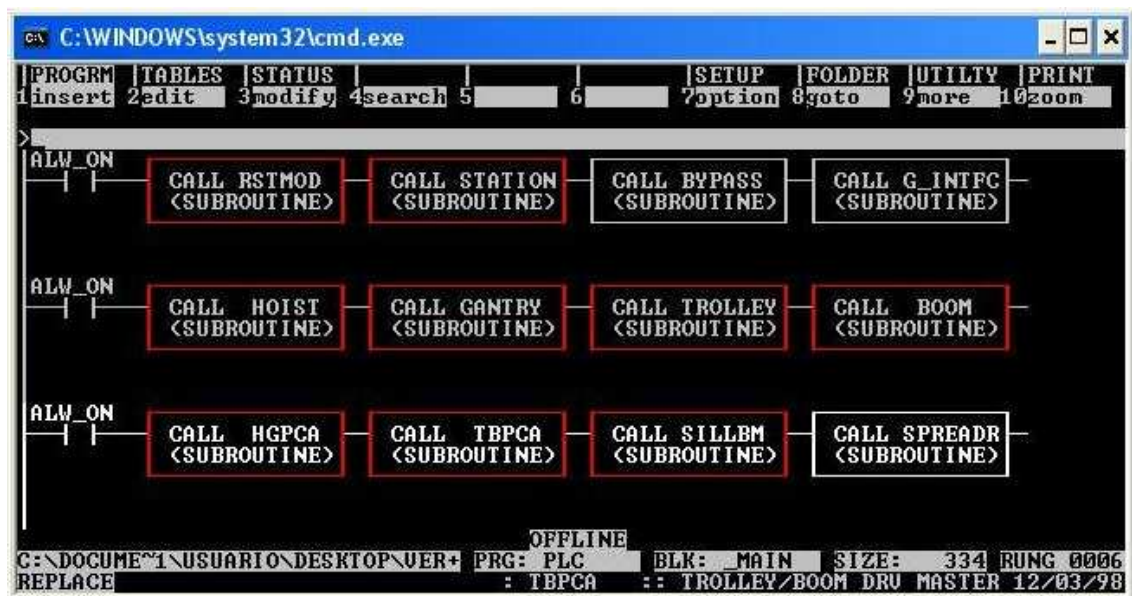
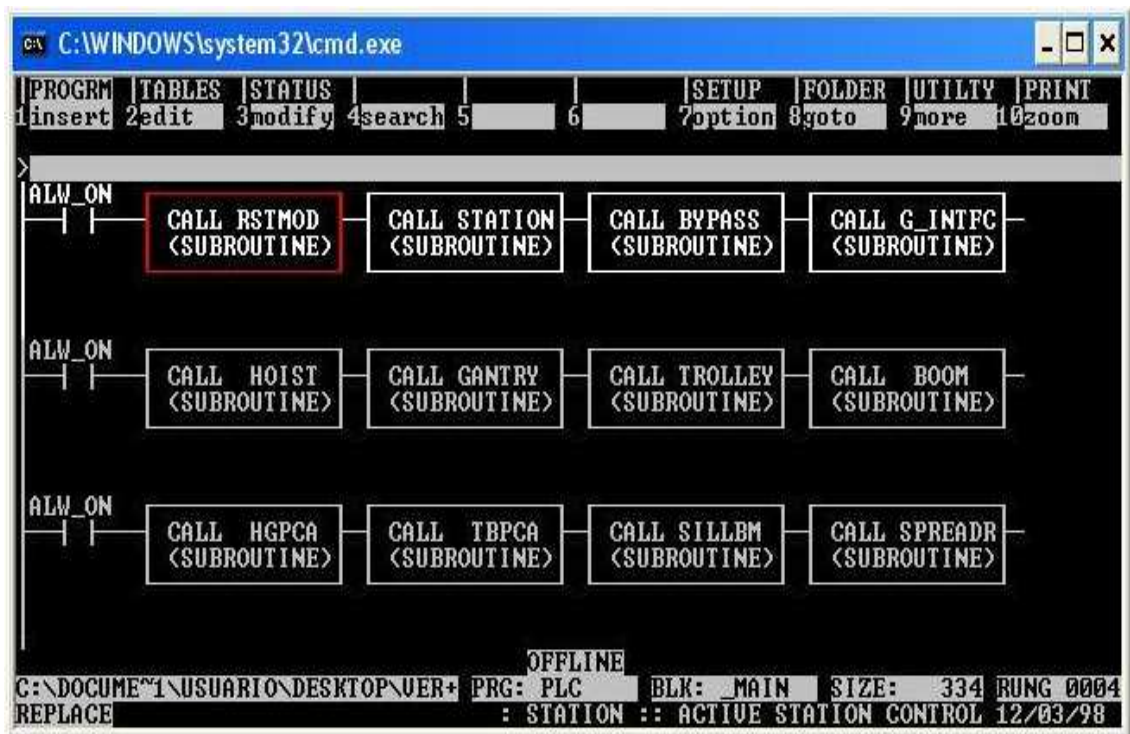


Figura 63. Rutinas de programa 2



Control power reset. Rutina destinada a el encendido, apagado y reset del sistema de control de la grúa pórtico, ver figura 64.

Figura 64. Rutina RSTMOD



Esta etapa de la rutina ofrece el control detallado de las variables externas que ejecutan movimientos a la grúa pórtico, por ejemplo cuartos de control, **joystin**, entre otras. En este caso se esta verificando que las variables correspondientes a los movimientos que serán accionados por el control remoto se encuentren desactivadas, cumpliendo con otra serie de requisitos para poder dar inicio al arranque del sistema de la grúa, a través de la variable AREQOFF (requisición todo desactivado).

Las variables del control remoto se están asociadas a la memoria lógica ALLOFF, ver tabla 15.

Tabla 15. Variables asociadas a la memoria lógica ALLOFF

Entrada	Sigla	Descripción
%I0017	GANHOIS	Gantry izquierda - Hoist arriba
%I0018	GAMHOIS	Gantry derecha - Hoist abajo
%I0030	SEGAN	Selección movimiento Gantry
%I0031	SEHOIST	Selección movimiento Hoist
%I0028	TROBOOM	Trolley adelante - Boom arriba
%I0029	TRBOMM	Trolley atrás - Boom abajo
%I0013	SEBOOM	Selección movimiento Boom
%I0046	SETROEY	Selección movimiento Trolley

Se deben tener en cuenta también todas las variables de operación de la grúa que se generan desde los diferentes puntos de ejecución de movimientos de la misma; estas juegan un papel muy importante ya que se encuentran en serie con las peticiones del control remoto, tales como: hoist arriba desde la estación trolley (HUPIN1), hoist abajo desde la estación trolley (HDNIN1), controlador del hoist apagado (HMSOFF), trolley adelante desde su propia estación (TFWIN1), trolley reversa desde su propia estación (TRVIN1), controlador del trolley apagado (TMSOFF), gantry izquierda desde la estación trolley (GLFIN1), gantry derecha desde la estación trolley (GRTIN1), controlador de gantry apagado (GMSOFF),

boom arriba desde la estación trolley (BUPSW1), boom abajo desde la estación trolley (BDNSW1), algunas de las variables restantes cumplen la misma función con la diferencia que se ejecutan desde otra estación de la grúa pórtico.

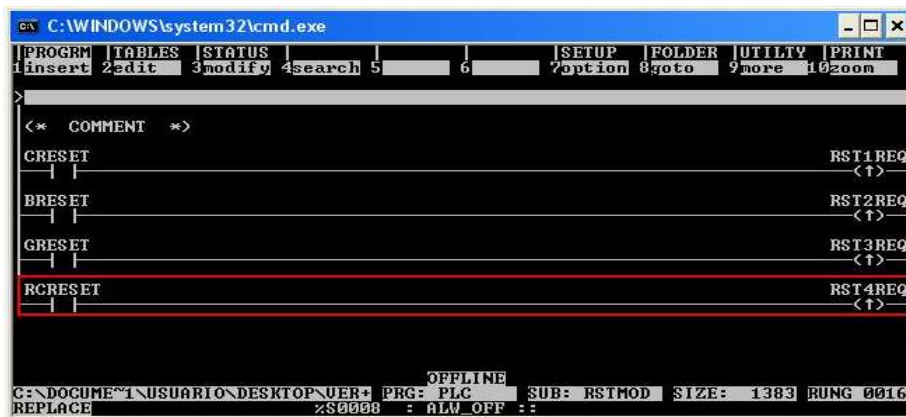
En general deben estar desactivadas todas las peticiones de movimiento en toda la grúa pórtico, ver figura 65.

Figura 65. Programación RSTMOD 1



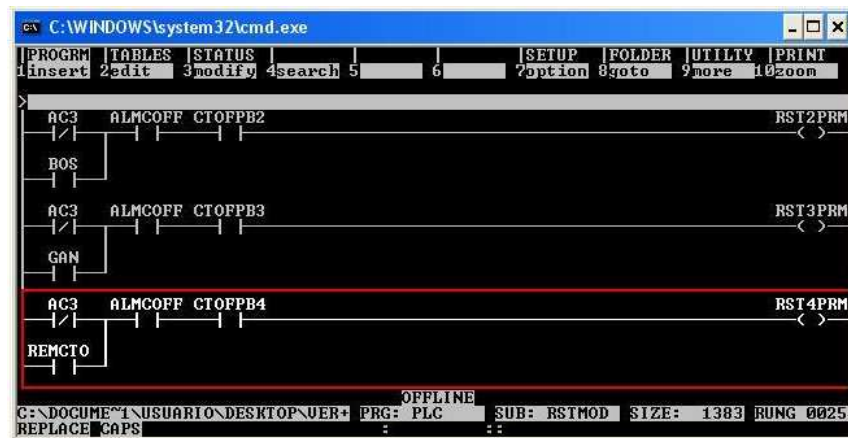
Este punto de la programación controla el encendido y reset de la grúa pórtico desde la estación del control remoto, a través de la variable control y restauración (RCRESET), activando el requerimiento de encendido y restauración (RST4REQ); las demás estaciones se enciende de la misma manera a diferencia de la variable de petición de encendido y restauración, por ejemplo control reset desde la cabina (CRESET), control reset desde el boom (BRESET) y control reset para generación de movimiento de gantry (GRESET), ver figura 66.

Figura 66. Programación RSTMOD 2



Estando desactivadas todas las variables asociadas al control remoto a través del comando lógico todo desactivado (ALMCOFF), al igual que ninguna petición de apagado de la grúa pórtico (CTOFPB4) y chequeo de energizamiento de controlador (AC3); se activará la estación del control remoto (REMCTO), por medio de la variable (RST4PRM) ver figura 67.

Figura 67. Programación RSTMOD 3



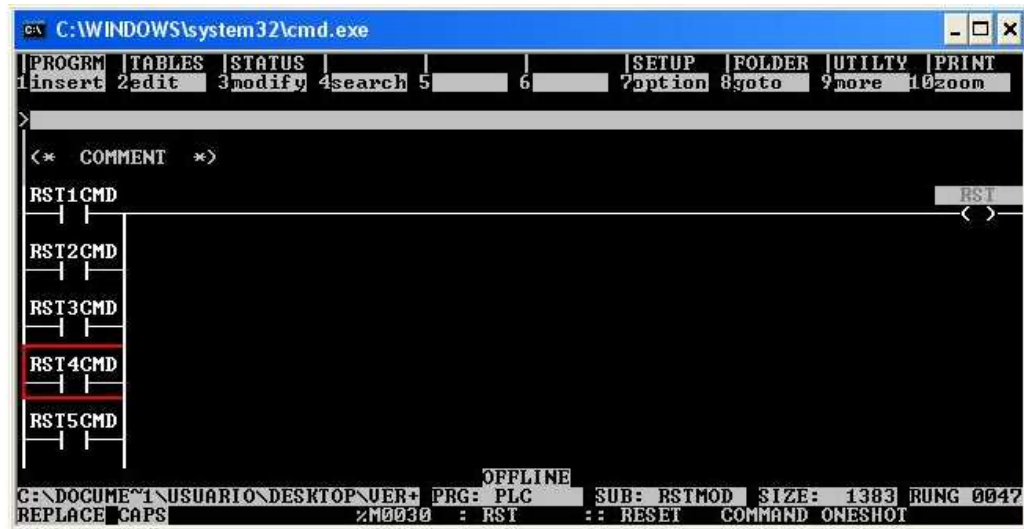
Activado el permisivo reset de la estación cuatro (RST4PRM) y la requisición encendido o reset RST4REQ, se otorgará el comando de activación a la estación del control remoto (RST4CMD), estación número cuatro de las nueve creadas en el programa; después de comprobar el estado de las dos variables anteriores el programa realizará la exportación hacia la rutina STATION de la variable (CTLSREQ) la cual tomará como valor cuatro (4), lo que indica que se dará encendido a la grúa pórtico desde el control remoto, ver figura 68.

Figura 68. Programación RSTMOD 4



Activado el comando de encendido de la estación del control remoto (RST4CMD), la estación del control remoto se encenderá o también se realizará en ella un reset lógico (RST) cuando el operador lo desee.

Figura 69. Programación RSTMOD 5



Control de apagado de la grúa pórtico, teniendo en cuenta el estado de la variable externa asociada al apagado de la grúa (CTOFPB4) y la activación de la memoria lógica control remoto (REMCTO), la estación del control remoto se desactivará, dando la libertad para que la grúa pueda ser encendida y operada desde otra estación, ver figura 70.

Figura 70. Programación RSTMOD 6

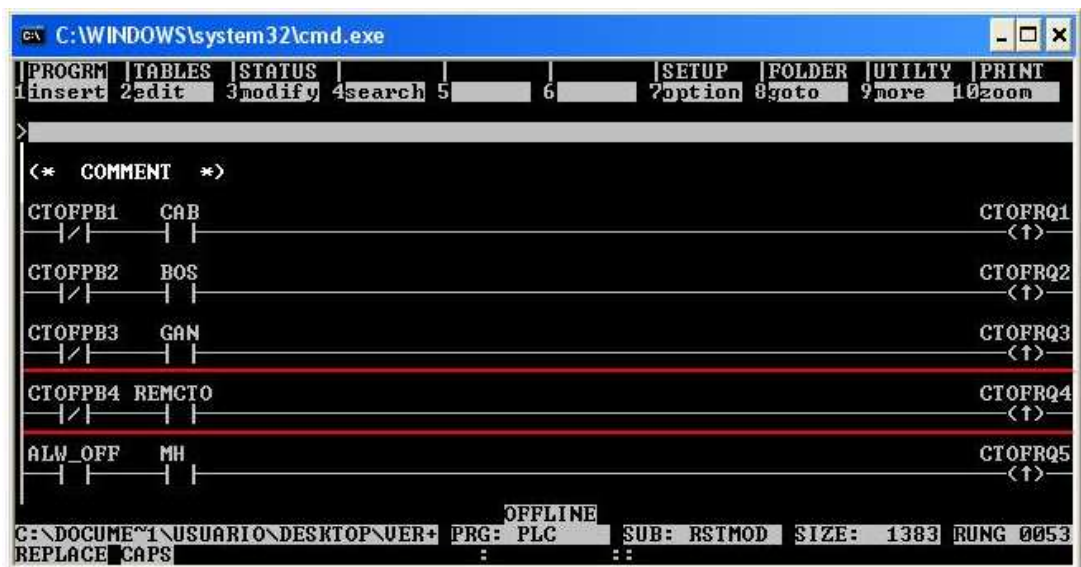
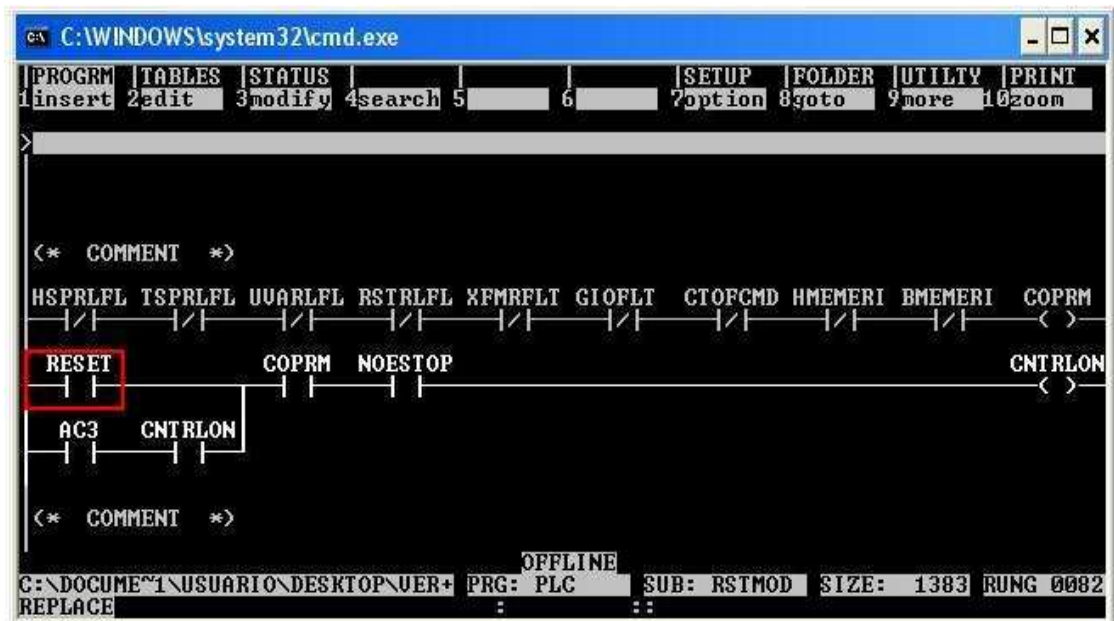


Figura 71. Programación RSTMOD 7



Teniendo en cuenta la petición de encendido o reset que se le realiza a la grúa pórtico desde cualquier estación de operación (RESET), el permisivo de encendido que se generará si la grúa pórtico no presenta ninguna falla en todo su sistema de control (COPRM) y sino esta activa ninguna de las paradas de emergencia (NOESTOP), el programa de control otorgará el encendido general de la grúa (CNTRLON), ver figura 72.

Figura 72. Programación RSTMOD 8



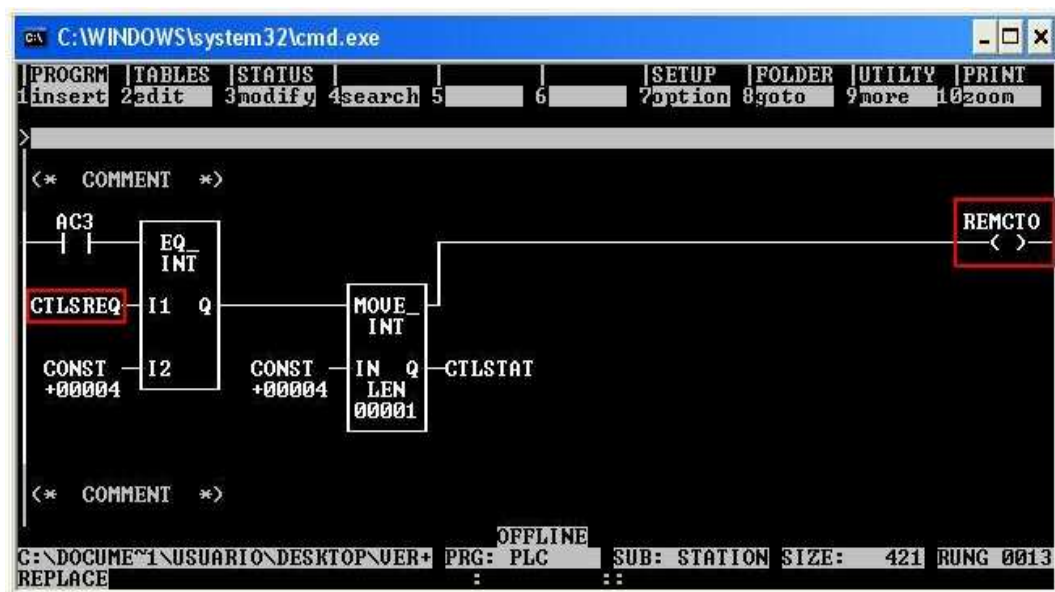
Rutina destinada a la activación de la estación control remoto (REMCTO), la cual hace parte del sistema de control de la grúa pórtico, ver figura 73.

Figura 73. Rutina station



La estación del control remoto (REMCTO) se activará si la variable activar estación de control CTLSTAT toma el valor de cuatro (4), teniendo en cuenta que la variable requisición de estación de control CTLSREQ también debe haber adquirido el mismo valor de cuatro (4) en la rutina encendido, reset o apagado del sistema de control de la grúa pórtico RSTMOD, ver figura 74.

Figura 74. Programación rutina station



6.8.1. Programación sistema hoist. Rutina destinada a la activación de motores, frenos, control de velocidad, entre otras operaciones que se pueden realizar para el control lógico hacia el sistema Hoist, ver figura 75.

Figura 75. Rutina hoist



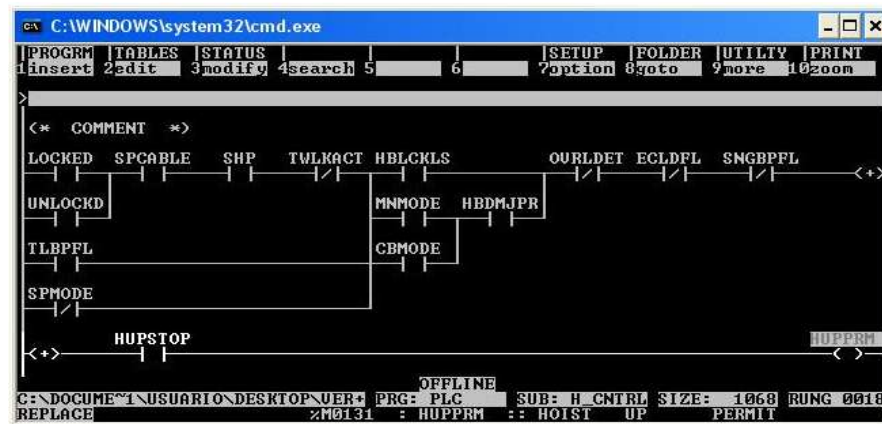
Subrutina de control para sistema Hoist, ver figura 76.

Figura 76. Rutina de control hoist



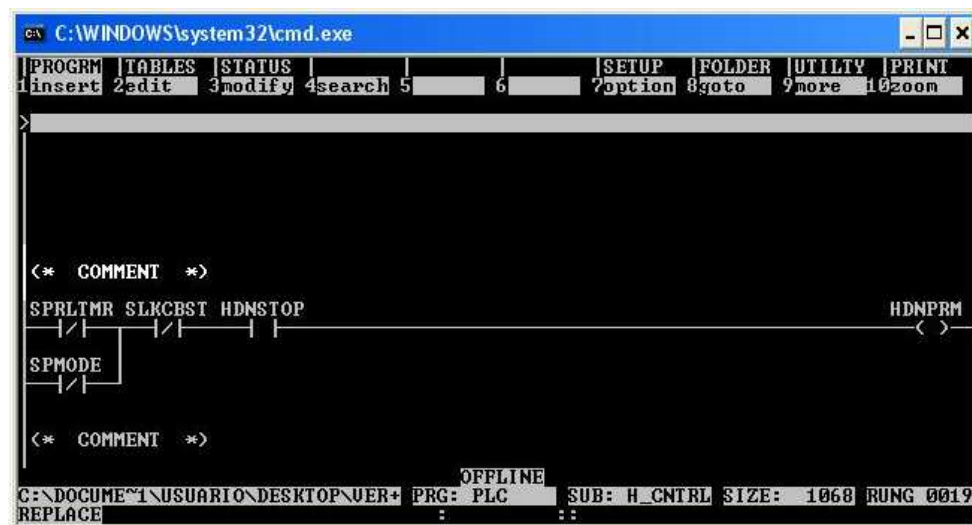
Permiso para realizar movimiento de hoist arriba (HUPPRM), la activación depende del estado del spreader, los twistlocks, el energizamiento del spreader, la altura que se encuentra el spreader, los sensores de la base del spreader headblock y del final de carrera ubicado en la parte superior del trolley indicando que el sistema hoist se encuentra a su máxima altura, ver figura 77.

Figura 77. Permisivo para realizar movimiento hoist arriba



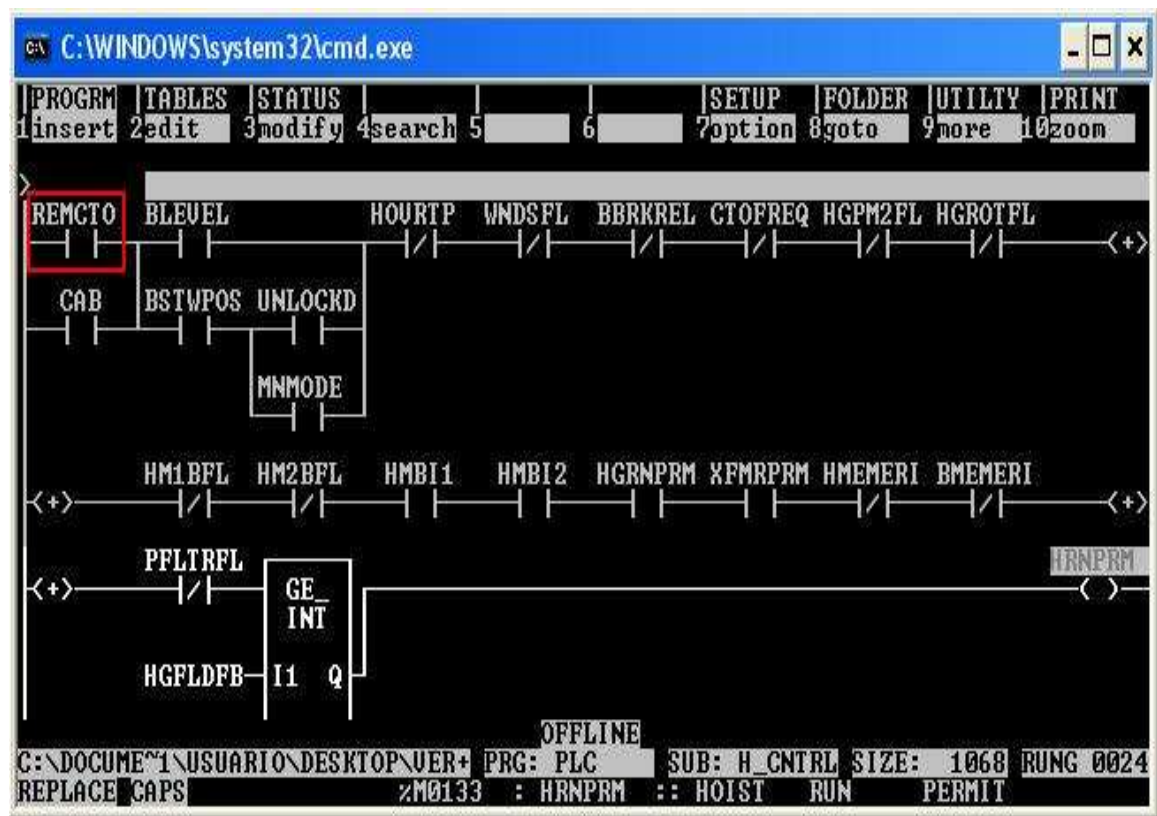
Permiso para realizar movimiento de hoist abajo (DNPRM), la activación depende del estado del spreader, el energizamiento del spreader, la altura que se encuentra el spreader, los sensores de la base del spreader headblock y del final de carrera ubicado en el tambor que envuelve y desenvuelve el cable de acero que permite realizar el movimiento de hoist, indicando que el sistema hoist se encuentra aterrizado en el aproche del muelle marítimo, impidiendo descolgar más cable del tambor, ver figura 78.

Figura 78. Permisivo para realizar movimiento hoist abajo



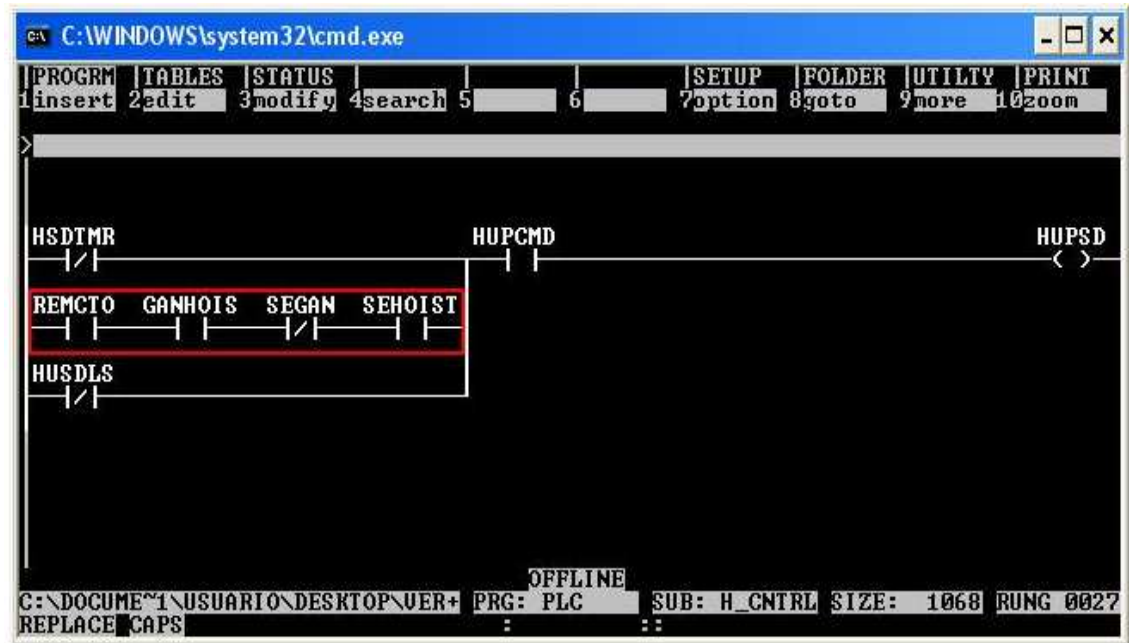
Permisivo general para dar arranque al movimiento de hoist (HRNPRM), este es activado por variables externas el cual son generadas por los múltiples sensores que reportan el estado o fallas de la grúa, ventiladores de refrigeración de los motores de hoist sin falla y operando, no activas paradas de emergencia de la grúa pórtico, no reporte de falla del sensor de temperatura de los motores del sistema hoist, permisos de operación del controlador de velocidad (drive), funcionamiento del power factor plus (factor de potencia de la grúa), no reporte de alta temperatura de los motores del sistema hoist y la activación de la estación del control remoto (REMCTO), ver figura 79.

Figura 79. Permisivo general arranque sistema hoist



Control de velocidad nombrado HOIST UP SLOWDN (HUPSD), control para asegurar que el accionamiento del movimiento hoist arriba se ejecute a mínima velocidad, el control de velocidad depende de la activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso sistema hoist (SEHOIST), petición de hoist arriba (GANHOIS), activo el comando hoist arriba (HUPCMD) y no activación del sistema gantry (SEGAN), debido que los sistemas hoist y gantry comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 M), evitando ejecutar los dos sistemas a la vez, ver figura 80.

Figura 80. Control de velocidad movimiento hoist arriba



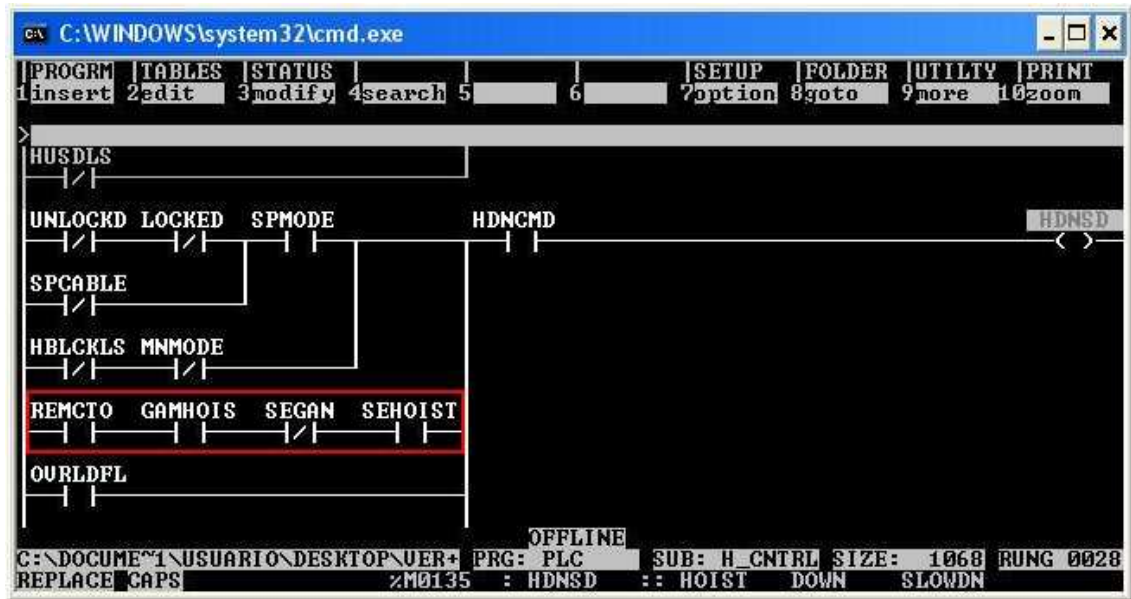
Variables asociadas al control remoto para la generación del movimiento hoist arriba en mínima velocidad, ver tabla 16.

Tabla 16. Variables control de velocidad movimiento hoist arriba

Entrada	Sigla	Descripción
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0017	GANHOIS	Gantry izquierda – Hoist arriba
%I0030	SEGAN	Selección movimiento Gantry
%I0031	SEHOIST	Selección movimiento Hoist

Control de velocidad nombrado HOIST DOWN SLOWDN (HDNSD), control para asegurar que el accionamiento del movimiento hoist abajo se ejecute a mínima velocidad, el control de velocidad depende de la activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema hoist (SEHOIST), petición de hoist abajo (GAMHOIS), activo el comando de hoist abajo (HDNCMD) y no activación del sistema gantry (SEGAN), debido que los sistemas hoist y gantry comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 M), evitando ejecutar los dos sistemas a la vez, ver figura 81.

Figura 81. Control de velocidad movimiento hoist abajo



Variables externas asociadas al control remoto para la generación del movimiento hoist abajo en mínima velocidad, ver tabla 17.

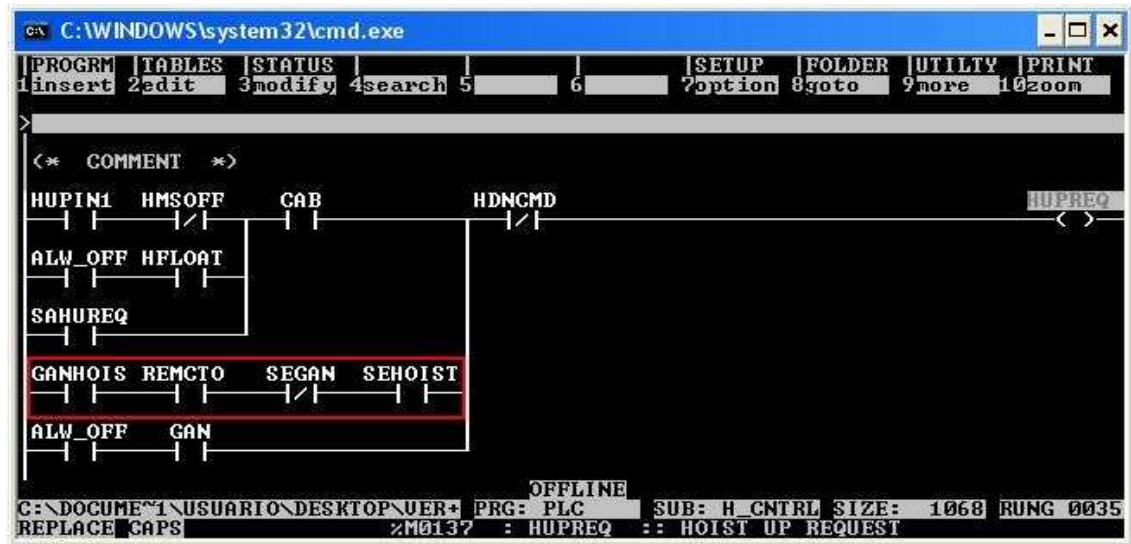
Tabla 17. Variables control de velocidad movimiento hoist abajo

Entrada	Sigla	Descripción
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0018	GAMHOIS	Gantry derecha - Hoist abajo
%I0030	SEGAN	Selección movimiento Gantry
%I0031	SEHOIST	Selección movimiento Hoist

Requerimiento para la ejecución del movimiento hoist arriba (HUPREQ), el requerimiento depende de algunas variables externas asociadas al control remoto para que el movimiento pueda ser generado, estas son: activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema hoist (SEHOIST), petición de hoist arriba (GANHOIS), el estado del comando opuesto a este movimiento hoist abajo (HDNCMD) y no activación del sistema gantry (SEGAN), debido que los sistemas hoist y gantry

comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 M), imposibilitando la ejecución de los dos sistemas a la vez, ver figura 82.

Figura 82. Requerimiento hoist arriba



Variables externas y memorias lógicas asociadas al control remoto para el requerimiento movimiento hoist arriba, ver tabla 18.

Tabla 18. Variables movimiento hoist arriba

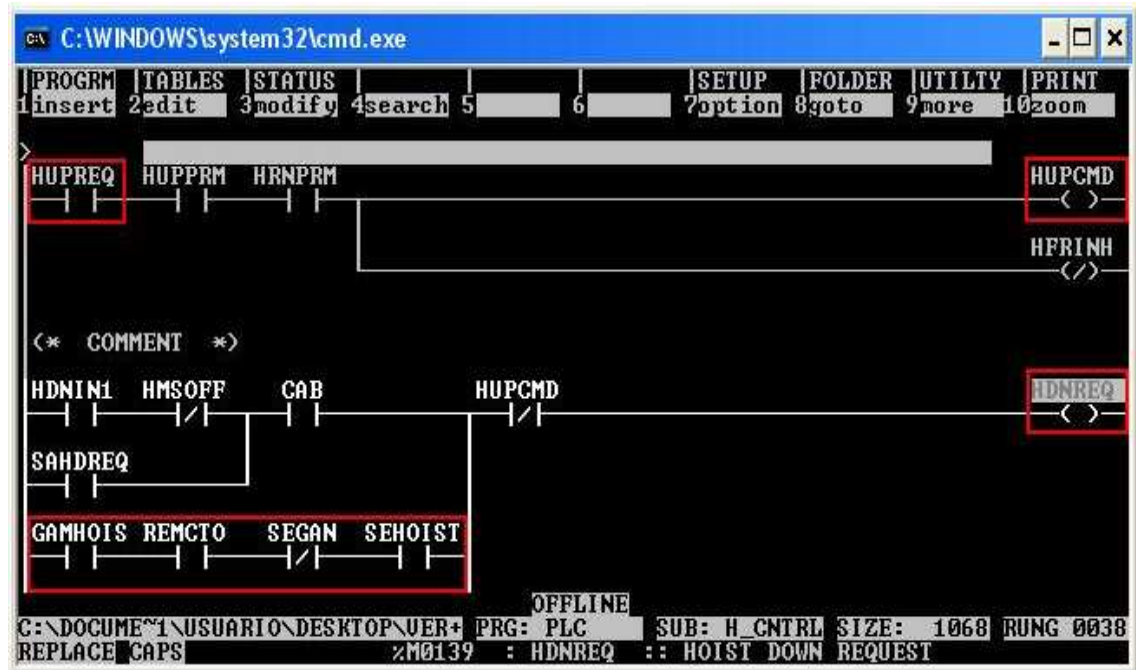
Entrada	Sigla	Descripción
%I0017	GANHOIS	Gantry izquierda - Hoist arriba
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0030	SEGAN	Selección movimiento Gantry
%I0031	SEHOIST	Selección movimiento Hoist
%M0140	HDNCMD	Comando hoist abajo

Comando hoist arriba (HUPCMD), el cual se genera luego de la activación del requerimiento para movimiento hoist arriba (HUPREQ), activo el permisiivo hoist arriba (HUPPRM) y el permisiivo general funcionamiento del sistema hoist (HRNPRM), ver figura 82.

Requerimiento para la ejecución del movimiento hoist abajo (HDNREQ), el requerimiento depende de algunas variables externas asociadas al control remoto para que el movimiento pueda ser generado, como: la activación de la estación de

operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema hoist (SEHOIST), petición de hoist abajo (GAMHOIS), el estado del comando opuesto a este movimiento hoist arriba (HUPCMD) y no activación del sistema gantry (SEGAN), debido que los sistemas hoist y gantry comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 M), evitando ejecutar los dos sistemas a la vez, ver figura 83.

Figura 83. Comando ejecución hoist arriba y requerimiento hoist abajo



Variables externas y memorias lógicas asociadas al control remoto para el requerimiento movimiento hoist abajo, ver tabla 19.

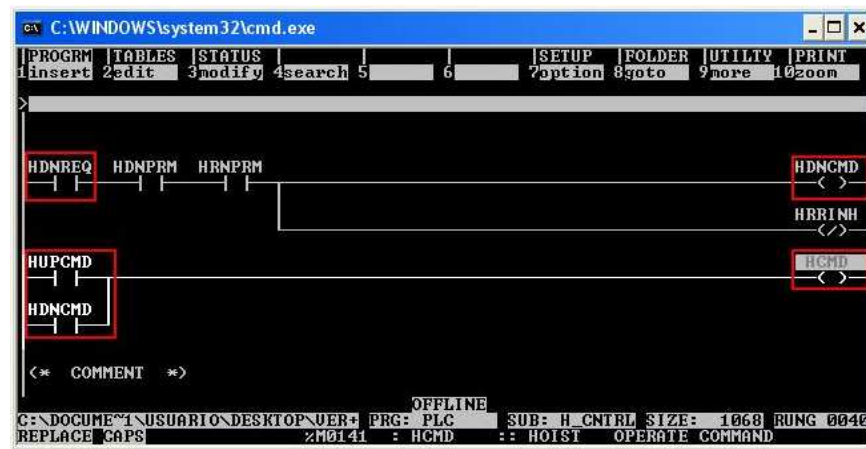
Tabla 19. Variables comando ejecución movimiento hoist arriba

Entrada	Sigla	Descripción
%I0018	GAMHOIS	Gantry derecha - Hoist abajo
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0030	SEGAN	Selección movimiento Gantry
%I0031	SEHOIST	Selección movimiento Hoist
%M0138	HUPCMD	Comando hoist arriba

Comando hoist abajo (HDNCMD), el cual se genera luego de la activación del requerimiento para movimiento hoist abajo (HDNREQ), activo el permisivo hoist abajo (HDNPRM) y el permisivo general de funcionamiento del sistema hoist (HRNPRM), ver figura 84.

Instrucción general de operación del sistema Hoist (HCMD), el cual es generado después de la activación de cualquiera de los comandos hoist arriba (HUPCMD) o hoist abajo (HDNCMD), ver figura 84.

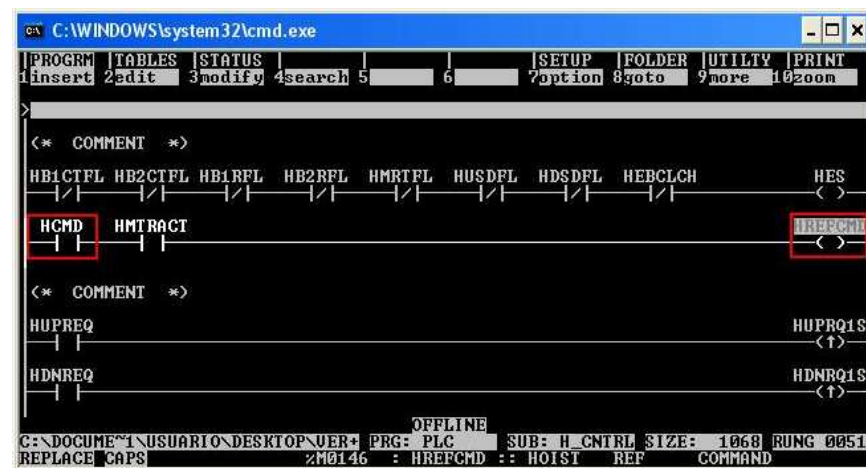
Figura 84. Comando ejecución hoist abajo y comando general operación sistema hoist



Referencia comando hoist (HREFCMD), generado por la instrucción general de operación del sistema Hoist (HCMD) y hoist en movimiento (HMTRACT).

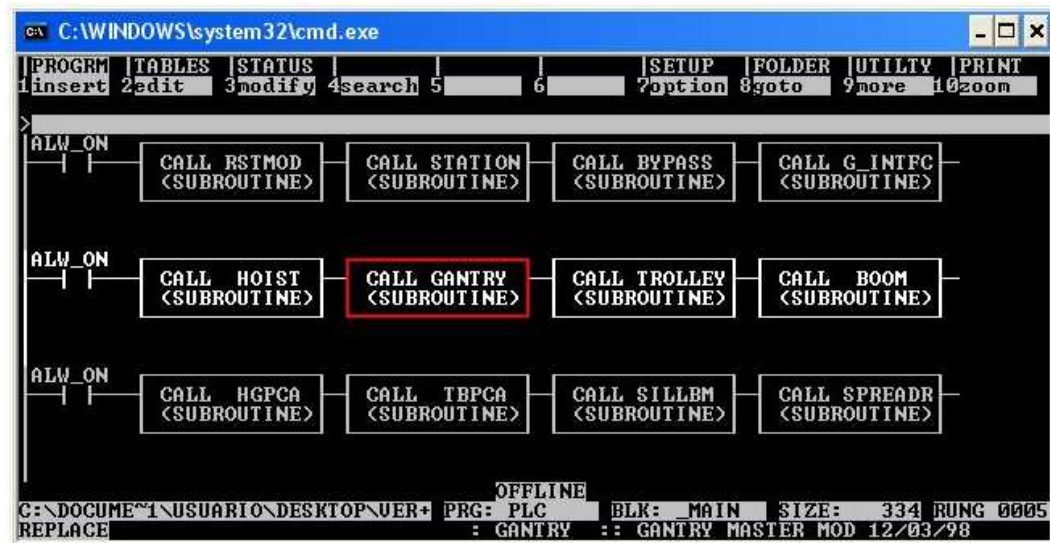
La variable referencia comando hoist (HREFCMD) es exportada e importada por la rutina drive control hoist / gantry (HGPCA), ver figura 85.

Figura 85. Comando referencia ejecución sistema hoist



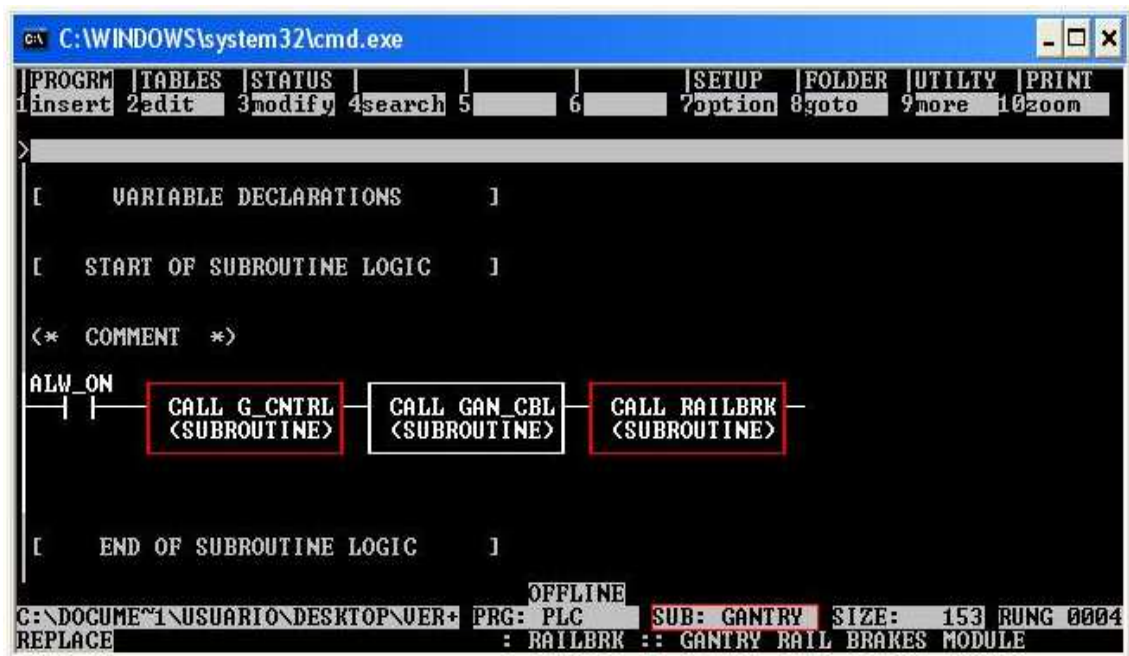
6.8.2. Sistema gantry. Rutina destinada a la activación de motores, frenos, control de velocidad, entre otras operaciones que se pueden realizar para el control lógico hacia el sistema Gantry, ver figura 86.

Figura 86. Rutina gantry



Subrutina de control para sistema Hoist, ver figura 86.

Figura 87. Rutina de control gantry y frenos de riel



Permiso para realizar movimiento de gantry izquierda (GLPRM), la activación depende del final de carrera ubicado en las patas de gantry indicador que no exista ningún obstáculo u otra grúa (GLSPLS2) para que esta pueda desplazarse hacia el lado izquierdo por los rieles el cual esta montada y un sensor nombrado boom anticolidión (BACLLS), ubicado en la parte inferior izquierda del brazo articulable (boom), el cual censa que no se encuentre algún objeto cerca al boom, para que al desplazarse la grúa por los rieles no cause ninguna clase de accidente, ver figura 88.

Permiso para realizar movimiento de gantry derecha (GRPRM), la activación depende del final de carrera ubicado en las patas de gantry indicando que no exista ningún obstáculo u otra grúa (GRSPLS2) para que ésta pueda desplazarse hacia el lado derecho por los rieles en los cuales esta montada y un sensor nombrado boom anticolidión (BACRLS), ubicado en la parte inferior derecha del brazo articulable (boom), el cual censa que no se encuentre algún objeto cerca al boom, para que al desplazarse la grúa por los rieles no cause ninguna clase de accidente ver figura 88.

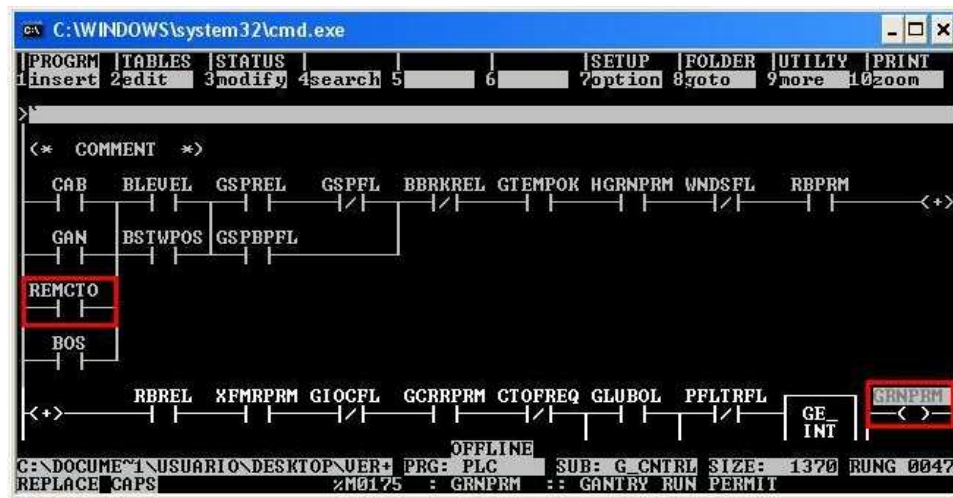
Figura 88. Permisivo para realizar movimiento gantry izquierda y gantry derecha



Permisivo general para dar arranque al movimiento de gantry (GRNPRM), este es activado por variables externas el cual son generadas por los múltiples sensores que reportan el estado o fallas de la grúa, no activas paradas de emergencia de la grúa pórtico, no reporte de falla del sensor de temperatura de los motores del sistema gantry, permisos de operación del controlador de velocidad (drive), listos para retirar o retirados los frenos de riel, stanby el funcionamiento del power factor

plus (factor de potencia de la grúa), no reporte de alta temperatura de los motores del sistema gantry, retirados los seguros de parqueo de la grúa pórtico (stowpin) en las patas de gantry, buen funcionamiento los motores que envuelven el cable de riel y la activación de la estación del control remoto (REMCTO), ver figura 89.

Figura 89. Permisivo general arranque sistema gantry



Control de velocidad nombrado GANTRY LEFT SLOWDN (GLSD), control para asegurar que el accionamiento del movimiento gantry izquierda se ejecute a mínima velocidad, el control de velocidad depende de la activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso sistema gantry (SEGAN), petición de gantry izquierda (GANHOIS), activo el comando de gantry izquierda (GLCMD) y no activación del sistema hoist (SEHOIST), debido que los sistemas gantry y hoist comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 M), evitando ejecutar los dos sistemas a la vez, ver figura 90.

Variables externas asociadas al control remoto para la generación del movimiento gantry izquierda en mínima velocidad, ver tabla 20.

Tabla 20. Variables control de velocidad movimiento gantry izquierda

Entrada	Sigla	Descripción
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0017	GANHOIS	Gantry izquierda - Hoist arriba
%I0030	SEGAN	Selección movimiento Gantry
%I0031	SEHOIST	Selección movimiento Hoist

Control de velocidad nombrado GANTRY SLOWDN (GRSD), control para asegurar que el accionamiento del movimiento gantry derecha se ejecute a mínima velocidad, el control de velocidad depende de la activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema gantry (SEGAN), petición de gantry derecha (GAMHOIS), activo el comando de gantry izquierda (GRCMD) y no activación del sistema hoist (SEHOIST), debido que los sistemas gantry y hoist comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 M), evitando ejecutar los dos sistemas a la vez, ver figura 90.

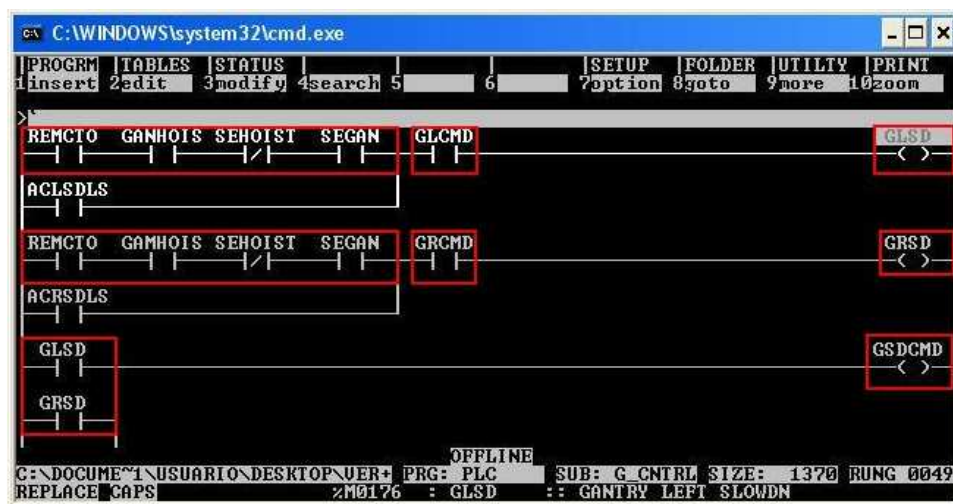
Variables externas asociadas al control remoto para la generación del movimiento gantry derecha en mínima velocidad, ver tabla 21.

Tabla 21. Variables control de velocidad movimiento gantry derecha

Entrada	Sigla	Descripción
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0018	GAMHOIS	Gantry derecha - Hoist abajo
%I0030	SEGAN	Selección movimiento Gantry
%I0031	SEHOIST	Selección movimiento Hoist

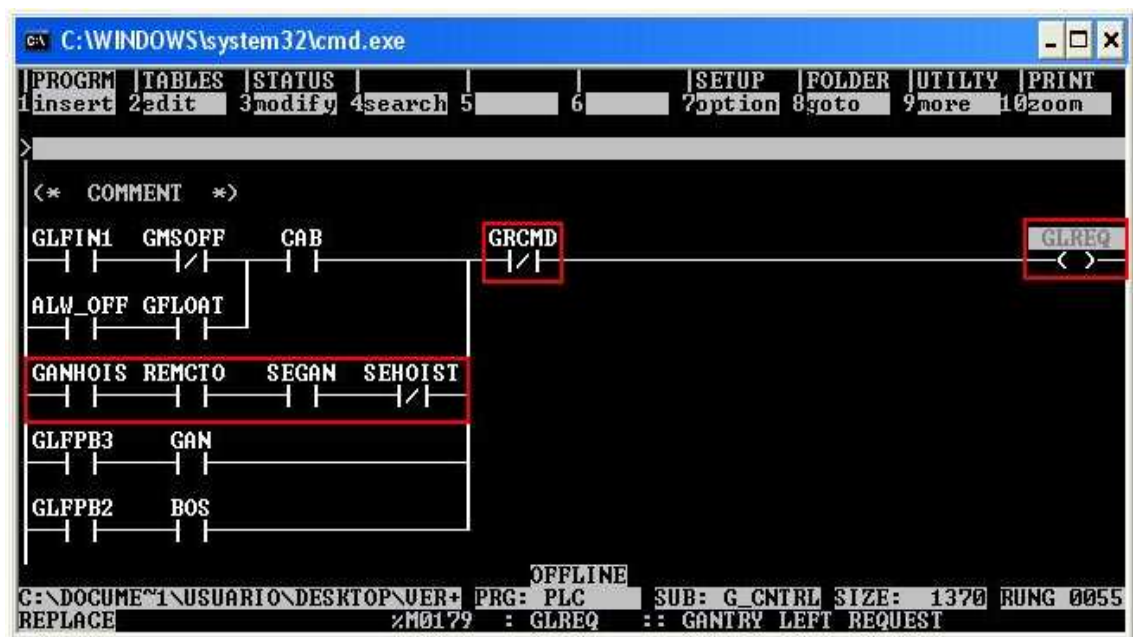
Comando general de operación del sistema gantry a mínima velocidad (GSDCMD), el cual es generado después de la activación de gantry left slowdn (GLSD) o gantry right slowdn (GRSD), ver figura 90.

Figura 90. Control de velocidad movimiento gantry izquierda y gantry derecha.



Requerimiento para la ejecución del movimiento gantry izquierda (GLREQ), el requerimiento depende de algunas variables externas asociadas al control remoto para que el movimiento pueda ser generado, estas son: activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema gantry (SEGAN), petición de gantry izquierda (GANHOIS), el estado del comando opuesto a este movimiento gantry derecha (GRCMD) y no activación del sistema hoist (SEHOIST), debido que los sistemas gantry y hoist comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 M), imposibilitando la ejecución de los dos sistemas a la vez, ver figura 91.

Figura 91. Requerimiento gantry izquierda



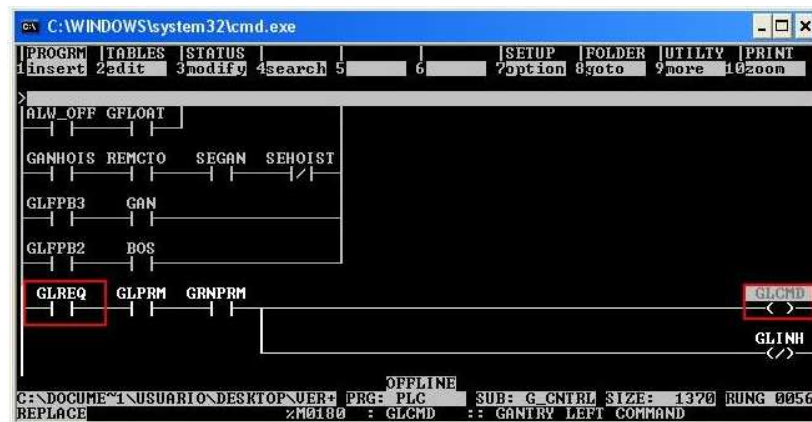
Variables externas y memorias lógicas asociadas al control remoto para el requerimiento movimiento del gantry izquierda, ver tabla 22.

Tabla 22. Variables movimiento gantry izquierda

Entrada	Sigla	Descripción
%I0017	GANHOIS	Gantry izquierda - Hoist arriba
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0030	SEGAN	Selección movimiento Gantry
%I0031	SEHOIST	Selección movimiento Hoist
%M0182	GRCMD	Comando gantry derecha

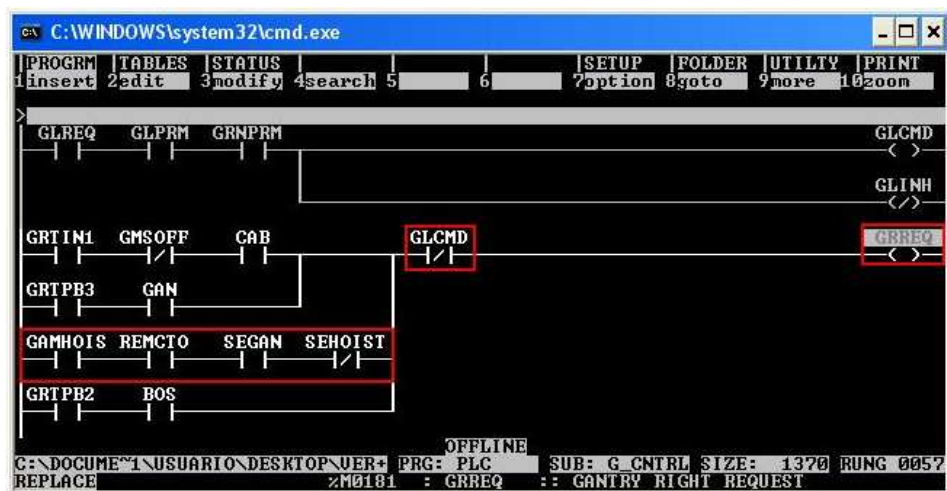
Comando gantry izquierda (GLCMD), el cual se genera luego de la activación del requerimiento para movimiento gantry izquierda (GLREQ), activo el permisivo gantry izquierda (GLPRM) y el permisivo general de funcionamiento del sistema gantry (GRNPRM), ver figura 92.

Figura 92. Comando ejecución gantry izquierda



Requerimiento para la ejecución del movimiento gantry derecha (GRREQ), el requerimiento depende de algunas variables externas asociadas al control remoto para que el movimiento pueda ser generado, estas son: activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema gantry (SEGAN), petición de gantry derecha (GAMHOIS), el estado del comando opuesto a este movimiento gantry izquierda (GLCMD) y no activación del sistema hoist (SEHOIST), debido que los sistemas gantry y hoist comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 M) y por consiguiente no se pueden ejecutar los dos sistemas a la vez, ver figura 93.

Figura 93. Requerimiento gantry derecha



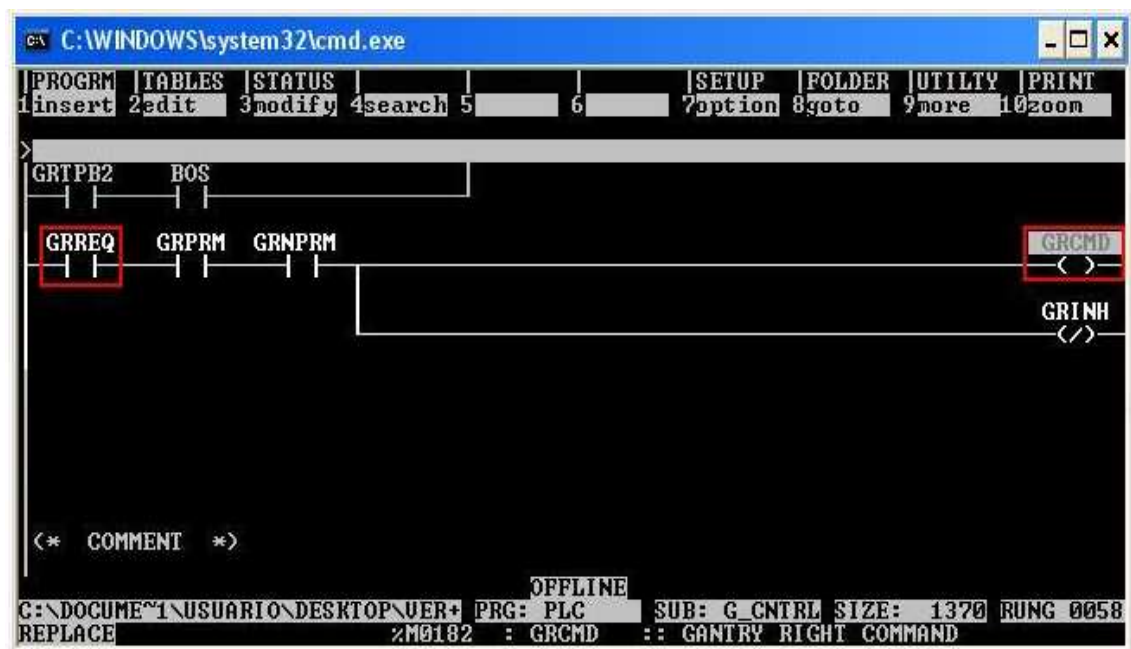
Variables externas y memorias lógicas asociadas al control remoto para el requerimiento movimiento gantry derecha, ver tabla 23.

Tabla 23. Variables movimiento gantry derecha

Entrada	Sigla	Descripción
%I0018	GAMHOIS	Gantry derecha - Hoist abajo
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0030	SEGAN	Selección movimiento Gantry
%I0031	SEHOIST	Selección movimiento Hoist
%M0180	GLCMD	Comando gantry izquierda

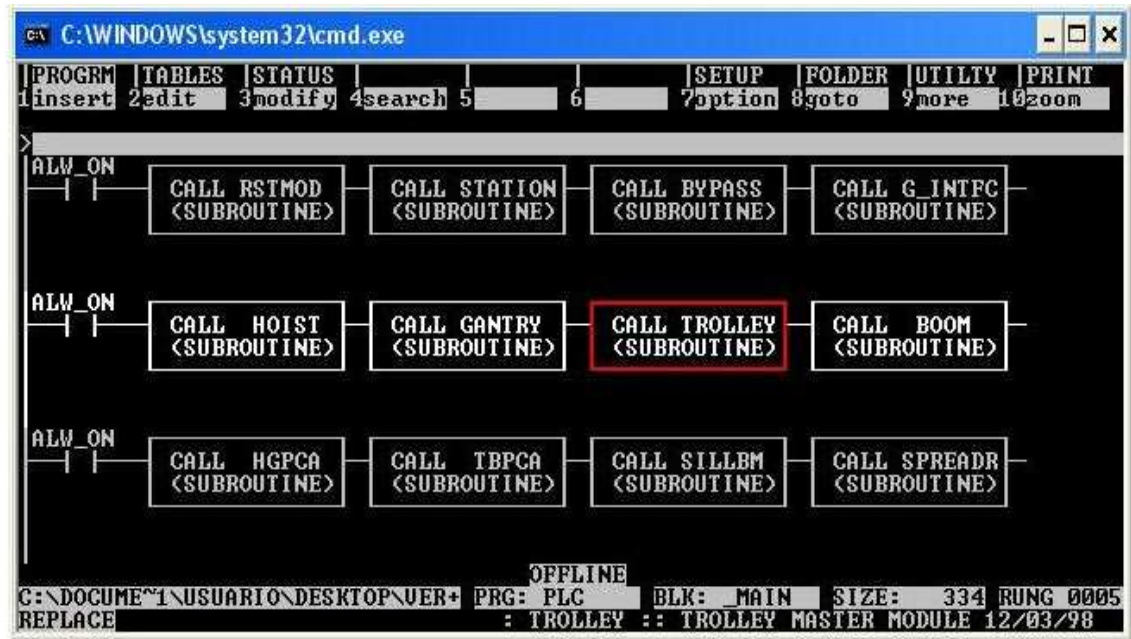
Comando gantry derecha (GRCMD), el cual se genera luego de la activación del requerimiento para movimiento gantry derecha (GRREQ), activo el permisivo gantry derecha (GRPRM) y el permisivo general de funcionamiento del sistema gantry (GRNPRM), ver figura 94.

Figura 94. Comando ejecución gantry derecha



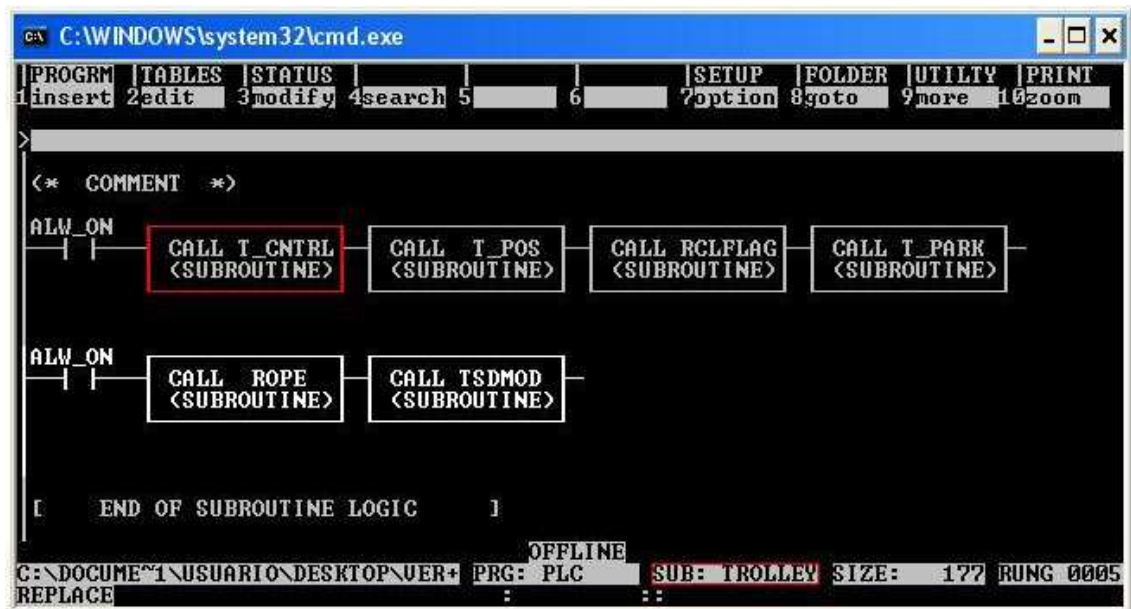
6.8.3. Sistema trolley. Rutina destinada a la activación de motores, frenos, control de velocidad, entre otras operaciones que se pueden realizar para el control lógico hacia el sistema Trolley, ver figura 97.

Figura 97. Rutina trolley



Subrutina de control para sistema Trolley, ver figura 98.

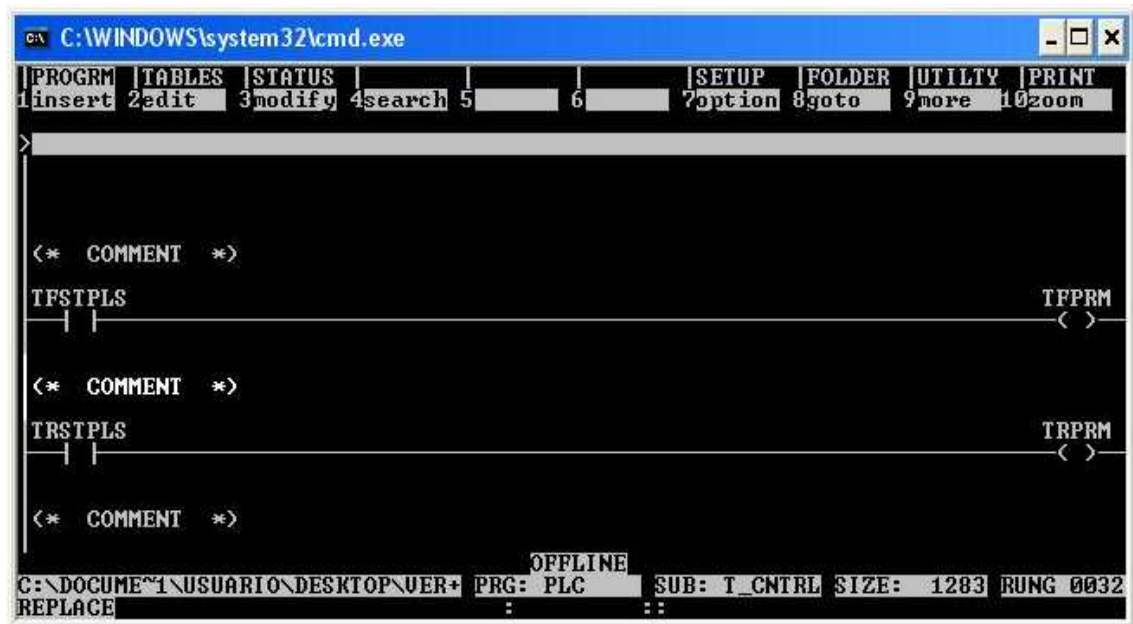
Figura 98. Rutina de control trolley



Permiso para realizar movimiento de trolley adelante (TFPRM), la activación depende de la variable asociada a un final de carrera hacia delante (TFSTPLS); este se encuentra en la última etapa del recorrido del trolley sobre el brazo articulable (boom), ver figura 99.

Permiso para realizar movimiento de trolley reversa (TRPRM), la activación depende de la variable asociada a un final de carrera hacia atrás (TRSTPLS); este se encuentra en la última etapa del recorrido del Trolley sobre el girder, ver figura 99.

Figura 99. Permisivo para realizar movimiento trolley adelante y trolley reversa



Permiso global para dar arranque al movimiento de Trolley (TRNPRM), este es activado por variables externas el cual son generadas por los múltiples sensores que reportan el estado o fallas de la grúa, el boom debe estar a nivel (180°), permisos de operación del controlador de velocidad (drive), ningún reporte de falla de los sensores de temperatura de los motores del sistema trolley, ventiladores de refrigeración de los motores de trolley sin falla y operando, retirados los seguros de parqueo de la grúa pórtico (stowpin) en el trolley, stamby el funcionamiento del power factor plus (factor de potencia de la grúa), ninguna petición de apagado del sistema de control de la grúa, ningún reporte de alta temperatura de los motores del sistema trolley, no activas paradas de emergencia de la grúa pórtico, velocidad del viento sin sobrepasar límites para la operación de la grúa pórtico y la activación de la estación del control remoto (REMCTO), ver figura 100.

Figura 100. Permisivo general arranque sistema trolley



Control de velocidad nombrado TROLLEY FORWARD SLOWDN (TFSD), control para asegurar que el accionamiento del movimiento trolley adelante se ejecute a mínima velocidad, el control de velocidad depende de la activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema trolley (SETROEY), petición de trolley adelante (TROBOOM), activo el comando de trolley adelante (TFCMD) y no activación del sistema boom (SEBOOM), debido que los sistemas trolley y boom comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 CX), evitando ejecutar los dos a la vez, ver figura 101.

Variables externas asociadas al control remoto para la generación del movimiento trolley adelante en mínima velocidad, ver tabla 24.

Tabla 24. Variables control de velocidad movimiento trolley adelante

Entrada	Sigla	Descripción
%I0028	TROBOOM	Trolley adelante – boom arriba
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0046	SETROEY	Selección movimiento Trolley
%I0013	SEBOOM	Selección movimiento Boom

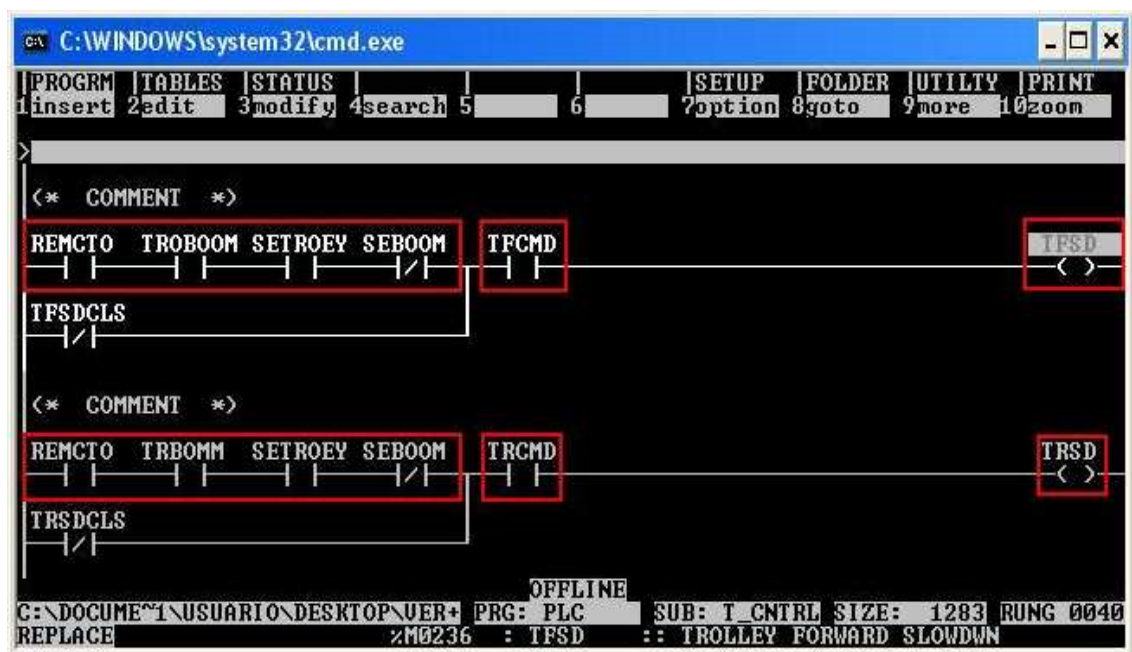
Control de velocidad nombrado TROLLEY REVERSE SLOWDN (TRSD), control para asegurar que el accionamiento del movimiento trolley reversa se ejecute a mínima velocidad, el control de velocidad depende de la activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema trolley (SETROEY), petición de trolley reversa (TRBOMM), activo el comando de trolley reversa (TRCMD) y no activación del sistema boom (SEBOOM), debido que los sistemas trolley y boom comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 CX), imposibilitando ejecutar los dos sistemas a la vez, ver figura 101.

Variables externas asociadas al control remoto para la generación del movimiento trolley reversa en mínima velocidad, ver tabla 25.

Tabla 25. Variables control de velocidad movimiento trolley reversa

Entrada	Sigla	Descripción
%I0029	TRBOMM	Trolley reversa – boom abajo
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0046	SETROEY	Selección movimiento Trolley
%I0013	SEBOOM	Selección movimiento Boom

Figura 101. Control de velocidad movimiento trolley adelante y trolley reversa



Variables externas y memorias lógicas asociadas al control remoto para el requerimiento del movimiento trolley adelante, ver tabla 26.

Entrada	Sigla	Descripción
%I0028	TROBOOM	Trolley adelante – boom arriba
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0046	SETROEY	Selección movimiento Trolley
%I0013	SEBOOM	Selección movimiento Boom
%M0241	TRREQ	Requerimiento trolley reversa

The screenshot displays the Siemens STEP 7 Ladder Logic (LAD) editor. The title bar indicates the file path: C:\WINDOWS\system32\cmd.exe. The main window shows a ladder logic network with the following components:

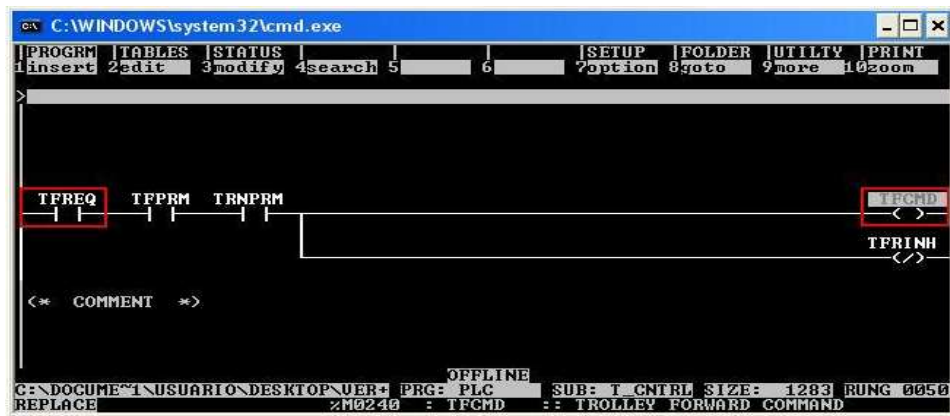
- Inputs (Left):**
 - TFWIN1 (Normally Open contact)
 - TMSOFF (Normally Open contact)
 - CAB (Normally Open contact)
 - TROBOOM (Normally Open contact)
 - REMCTO (Normally Open contact)
 - SETR0EY (Normally Open contact)
 - SEBOOM (Normally Open contact)
 - TFPBBOS (Normally Open contact)
 - TPRKFW (Normally Open contact)
 - SATFREQ (Normally Open contact)
- Outputs (Right):**
 - TRREQ (Coil output)
 - TFREQ (Coil output)

The status bar at the bottom provides the following information:

- Project Path: G:\DOCUMENT~1\USUARIO\DESKTOP\UER+
- Program: PRG: PLC
- Subprogram: SUB: T_CNTRL
- Size: SIZE: 1283
- Rung Number: RUNG 0049
- Replace Caps: REPLACE CAPS
- Comment: %M0239 : IFREQ :: TROLLEY FORWARD REQUEST

Comando trolley adelante (TFCMD), el cual se genera luego de la activación del requerimiento para movimiento trolley adelante (TFREQ), activo el permisivo trolley adelante (TFPRM) y el permisivo general de funcionamiento del sistema trolley (TRNPRM), ver figura 103.

Figura 103. Comando ejecución trolley adelante



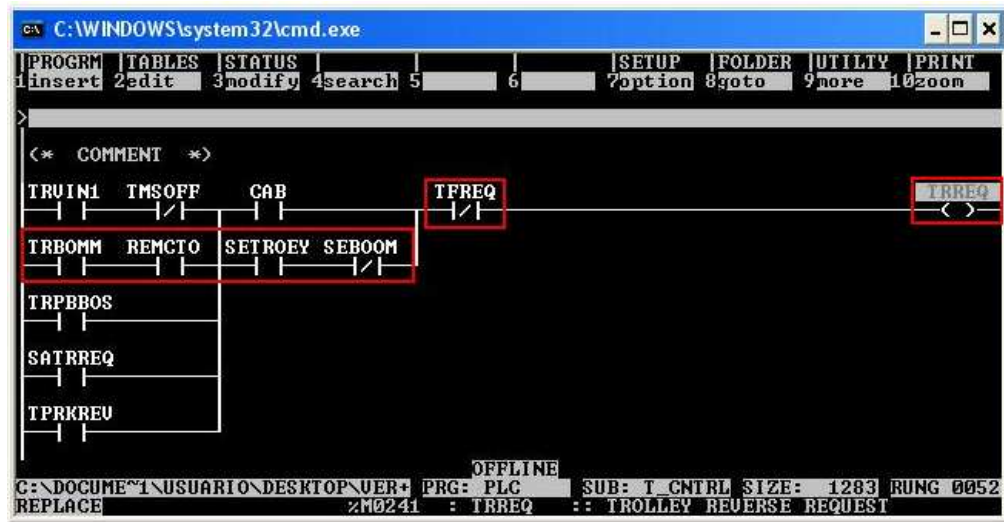
Requerimiento para la ejecución del movimiento trolley reversa (TRREQ), el requerimiento depende de algunas variables externas asociadas al control remoto para que el movimiento pueda ser generado, estas son: activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema trolley (SETROEY), petición de trolley reversa (TRBOMM), el estado del requerimiento opuesto a este movimiento trolley adelante (TFREQ) y no activación del sistema boom (SEBOOM), debido que los sistemas trolley y boom comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 CX) y por consiguiente no se pueden ejecutar los dos sistemas a la vez, ver figura 104.

Variables externas y memorias lógicas asociadas al control remoto para el requerimiento del movimiento trolley adelante, ver tabla 27.

Tabla 27. Variables movimiento trolley reversa

Entrada	Sigla	Descripción
%I0029	TRBOMM	Trolley reversa – boom abajo
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0046	SETROEY	Selección movimiento Trolley
%I0013	SEBOOM	Selección movimiento Boom
%M0241	TFREQ	Requerimiento trolley adelante

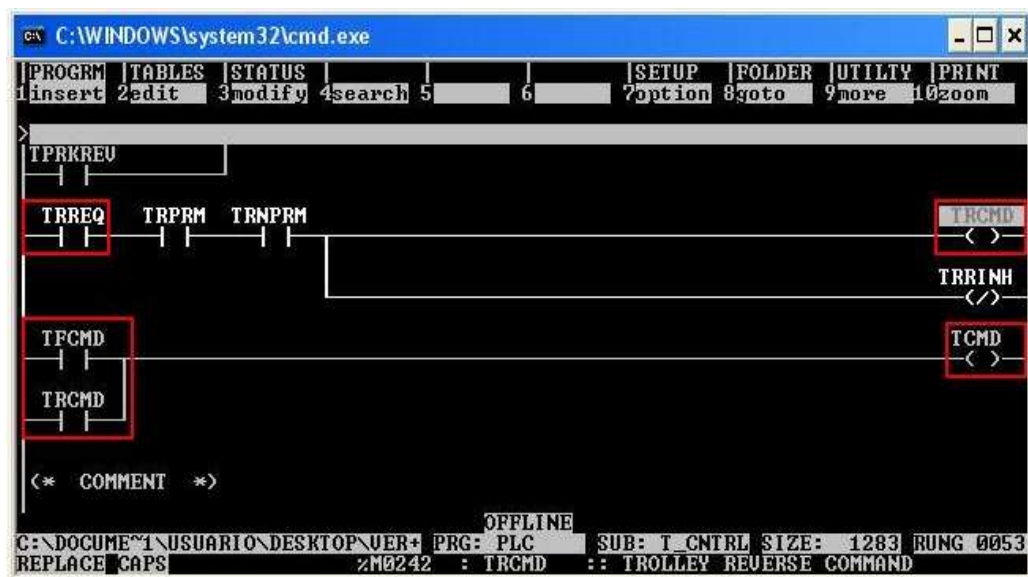
Figura 104. Requerimiento trolley reversa



Comando trolley reversa (TRCMD), el cual se genera luego de la activación del requerimiento para movimiento trolley reversa (TRREQ), activo el permisivo trolley reversa (TRPRM) y el permisivo general de funcionamiento del sistema trolley (TRNPRM), ver figura 105.

Instrucción general de operación del sistema trolley (TCMD), el cual es generado después de la activación de cualquiera de los comandos trolley adelante (TFCMD) o trolley reversa (TRCMD), ver figura 105.

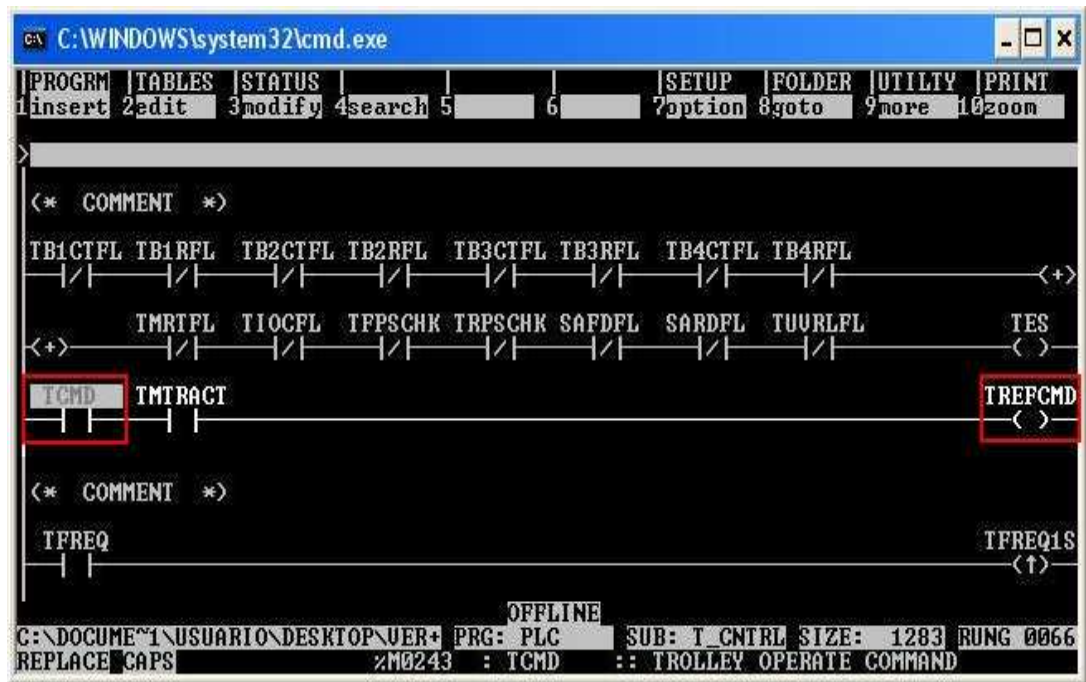
Figura 105. Comando ejecución trolley reversa y comando general operación sistema trolley



Referencia comando trolley (TREFCMD), generado por la instrucción general de operación del sistema trolley (TCMD) y trolley en movimiento (TMTRACT).

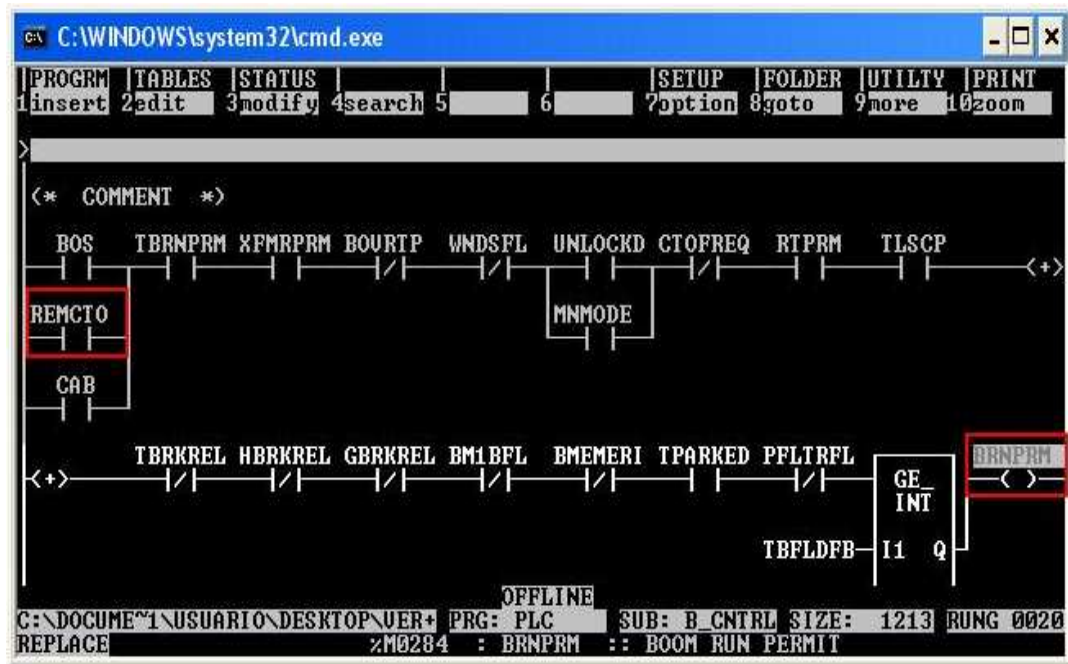
La variable referencia comando trolley (TREFCMD) es exportada e importada por la rutina drive control trolley / boom (TBPCA), ver figura 106.

Figura 106. Comando referencia ejecución sistema trolley



6.8.4. Sistema boom. Permisivo global para dar arranque al movimiento de boom (BRNPRM), este es activado por variables externas el cual son generadas por los múltiples sensores que reportan el estado o fallas de la grúa, permisos de operación del controlador de velocidad (drive), ningún reporte de falla de los sensores de temperatura de los motores del sistema trolley, ventiladores de refrigeración de los motores de trolley sin falla y operando, no activas paradas de emergencia de la grúa pórtico, velocidad del viento sin sobrepasar límites para la operación de la grúa pórtico, estar activos los frenos de los motores de los sistemas trolley, hoist ntry y gantry, trolley en posición parqueo, es decir ubicado en la escalerilla donde aborda el operador el trolley, stamby el funcionamiento del power factor plus (factor de potencia de la grúa), ninguna petición de apagado del sistema de control de la grúa, ningún reporte de alta temperatura de los motor del sistema boom y la activación de la estación del control remoto (REMCTO), ver figura 107.

Figura 107. Permisivo general arranque sistema boom



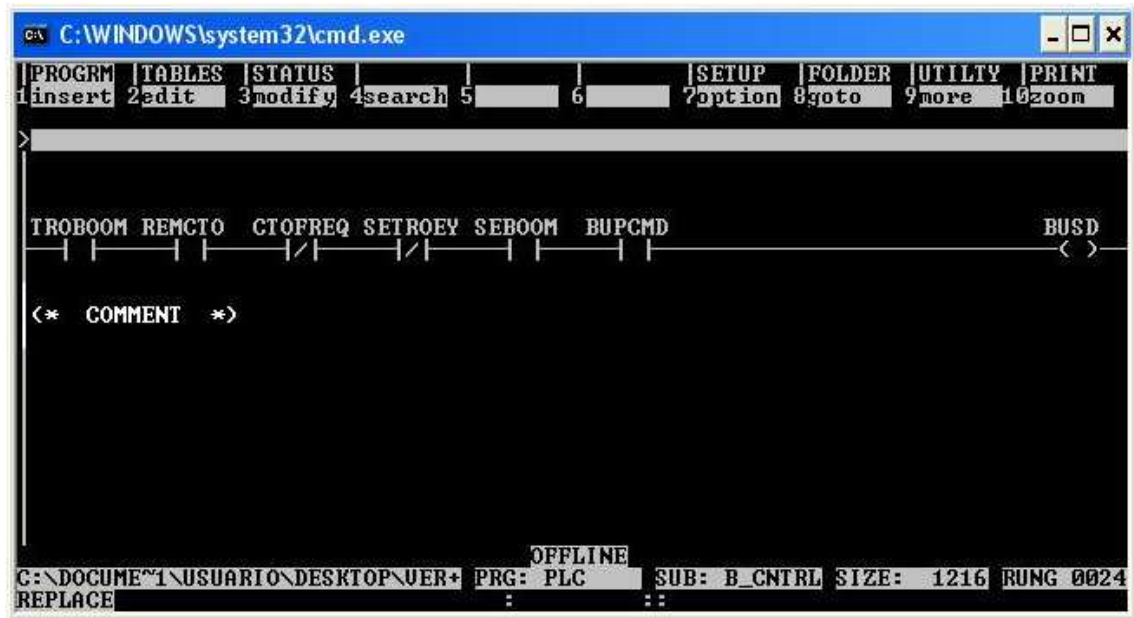
Control de velocidad nombrado BOOM UP SLOWDN (BUSD), control para asegurar que el accionamiento del movimiento boom arriba se ejecute a mínima velocidad, el control de velocidad depende de la activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema boom (SEBOOM), petición de boom arriba (TROBOOM), activo el comando de boom arriba (BUPCMD), ninguna petición de apagado del sistema de control de la grúa y no activación del sistema trolley (SETROEY), debido que los sistemas boom y trolley comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 CX), evitando ejecutar los dos sistemas a la vez, ver figura 108.

Variables externas y memorias lógicas asociadas al control remoto para la generación del movimiento boom arriba en mínima velocidad, ver tabla 28.

Tabla 28. Variables control de velocidad movimiento boom arriba

Entrada	Sigla	Descripción
%I0028	TROBOOM	Trolley adelante – boom arriba
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0046	SETROEY	Selección movimiento Trolley
%I0013	SEBOOM	Selección movimiento Boom

Figura 108. Control de velocidad movimiento boom arriba



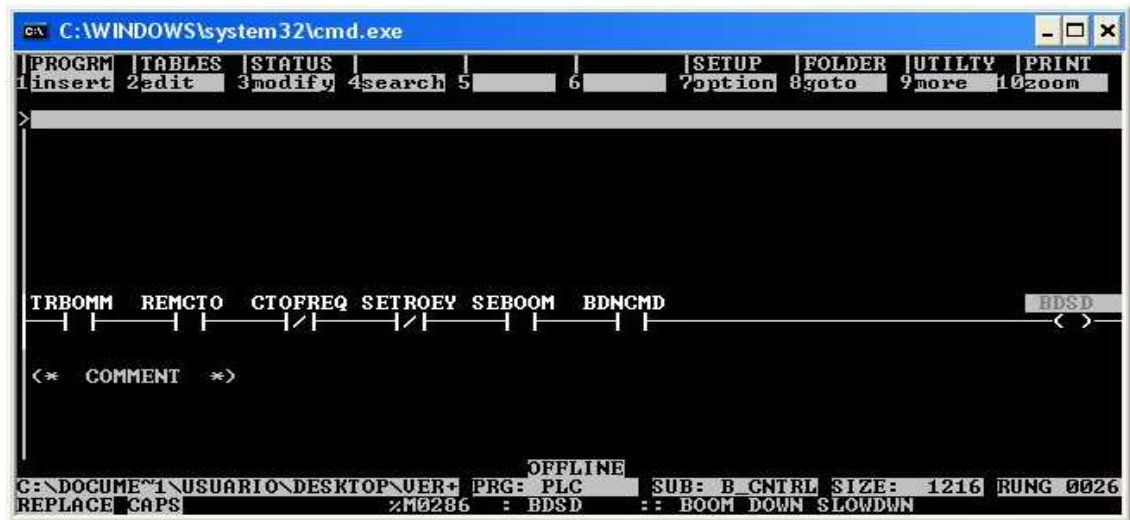
Control de velocidad nombrado BOOM DOWN SLOWDN (BDSD), control para asegurar que el accionamiento del movimiento boom abajo se ejecute a mínima velocidad, el control de velocidad depende de la activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema boom (SEBOOM), petición de boom abajo (TRBOMM), activo el comando de boom abajo (BDNCMD), ninguna petición de apagado del sistema de control de la grúa y no activación del sistema trolley (SETROEY), debido que los sistemas boom y trolley comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 CX), imposibilitando ejecutar los dos sistemas a la vez, ver figura 109.

Variables externas asociadas al control remoto para la generación del movimiento boom abajo en mínima velocidad, ver tabla 29.

Tabla 29. Variables control de velocidad movimiento boom abajo

Entrada	Sigla	Descripción
%I0029	TRBOMM	Trolley reversa – boom abajo
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0046	SETROEY	Selección movimiento Trolley
%I0013	SEBOOM	Selección movimiento Boom

Figura 109. Control de velocidad movimiento boom abajo



Requerimiento BSTPREQ, el cual detiene el movimiento de Boom, a través de la variable requisición apagar sistema de control de la grúa (CTOFREQ) y la activación de la estación del control remoto REMCTO, ver figura 110.

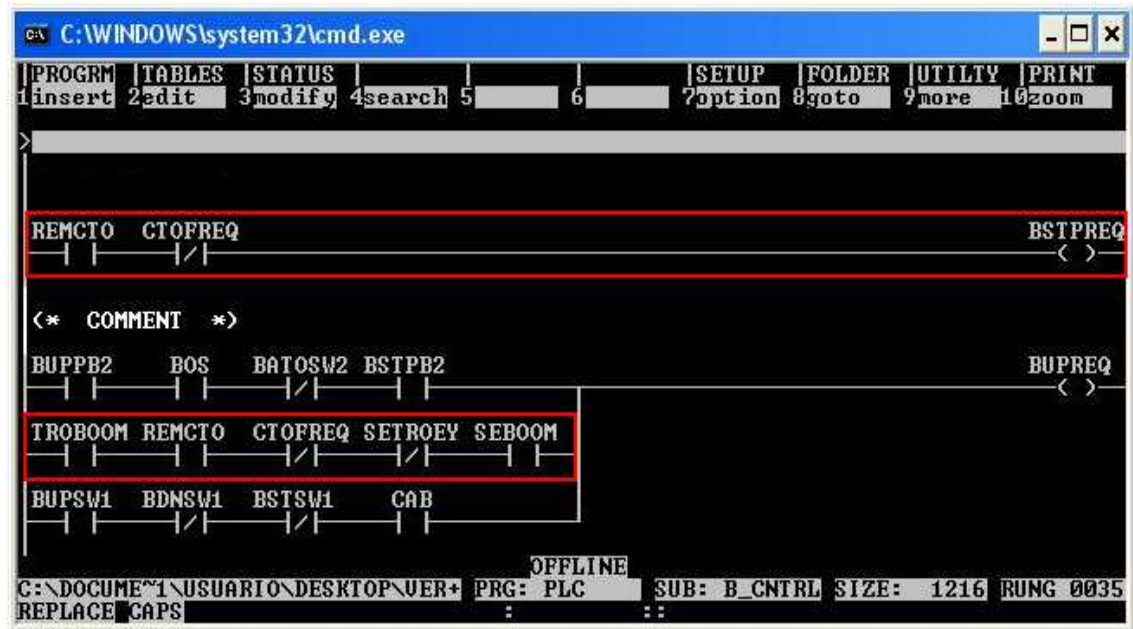
Requerimiento para la ejecución del movimiento boom arriba (BUPREQ), el requerimiento depende de algunas variables externas asociadas al control remoto para que el movimiento pueda ser generado, estas son: activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema boom (SEBOOM), petición de boom arriba (TROBOOM), ninguna petición de apagado del sistema de control de la grúa y no activación del sistema trolley (SETROEY), debido que los sistemas boom y trolley comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 CX), lo que impide ejecutar los dos sistemas a la vez, ver figura 110.

Variables externas y memorias lógicas asociadas al control remoto para el requerimiento del movimiento boom arriba, ver tabla 30.

Tabla 30. Variables movimiento boom arriba

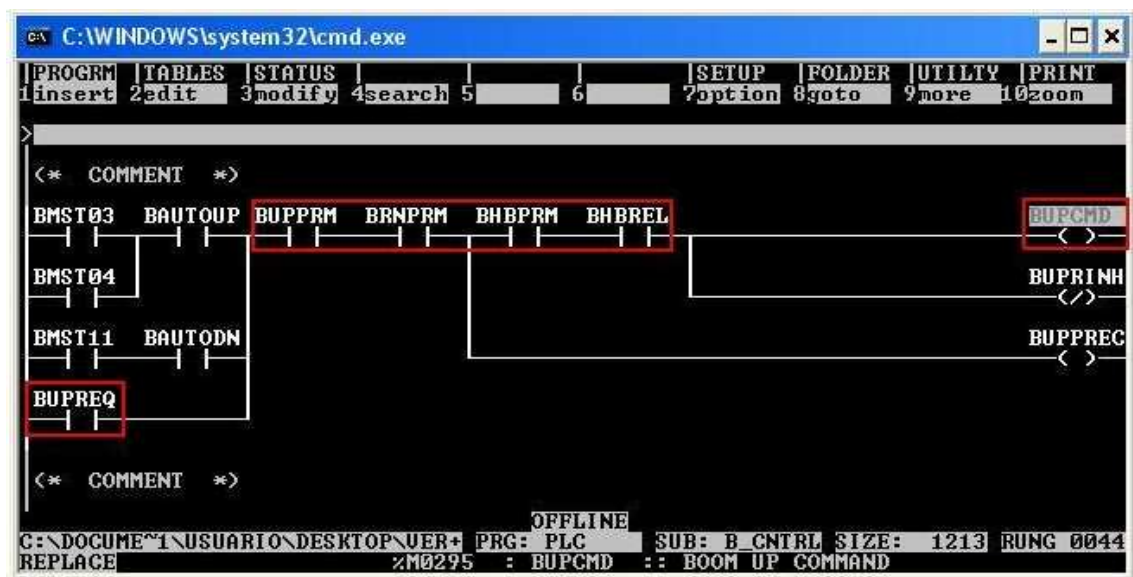
Entrada	Sigla	Descripción
%I0028	TROBOOM	Trolley adelante – boom arriba
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0046	SETROEY	Selección movimiento Trolley
%I0013	SEBOOM	Selección movimiento Boom

Figura 110. Requerimiento detener movimiento boom y requerimiento boom arriba



Comando boom arriba (BUPCMD), el cual se genera luego de la activación del requerimiento para movimiento boom arriba (BUPREQ), sistema de frenos hidráulico operando (BHBPRM), activo el permisible boom arriba (BUPPRM), freno del motor sistema boom abierto (BHBREL) y el permisible general de funcionamiento del sistema boom (BRNPRM), ver figura 111.

Figura 111. Comando ejecución boom arriba



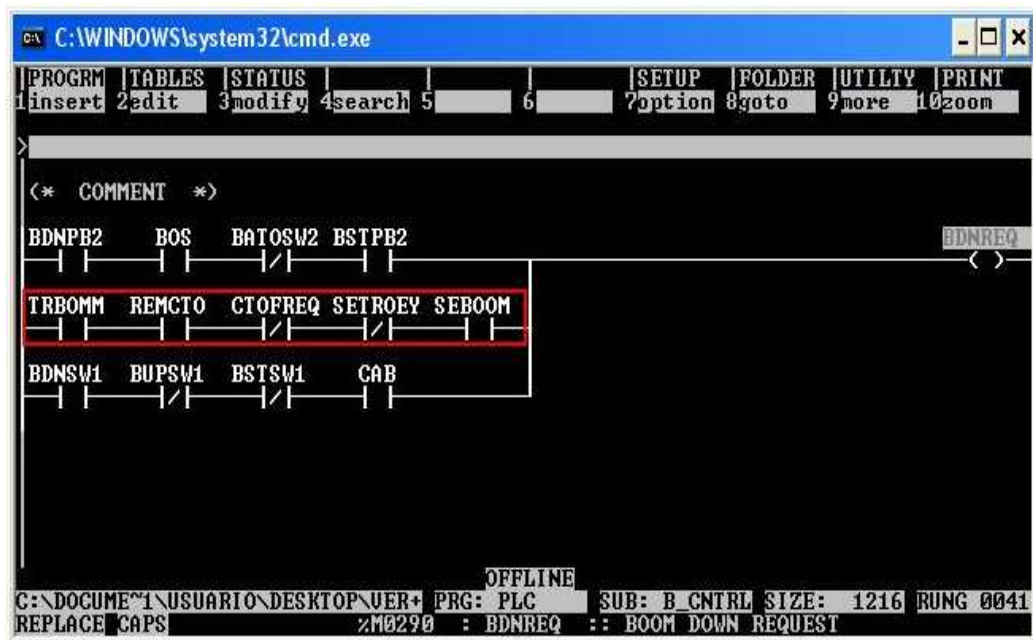
Requerimiento para la ejecución del movimiento boom abajo (BDNREQ), el requerimiento depende de algunas variables externas asociadas al control remoto para que el movimiento pueda ser generado, estas son: activación de la estación de operación del control remoto (REMCTO), selección del sistema a operar para este caso: sistema boom (SEBOOM), petición de boom abajo (TRBOMM), ninguna petición de apagado del sistema de control de la grúa y no activación del sistema trolley (SETROEY), debido que los sistemas boom y trolley comparten controlador de velocidad (drive GE DC 2000 CX) y por consiguiente no se pueden ejecutar los dos sistemas a la vez, ver figura 112.

Variables externas y memorias lógicas asociadas al control remoto para el requerimiento del movimiento boom abajo, ver tabla 31.

Tabla 31. Variables movimiento boom abajo

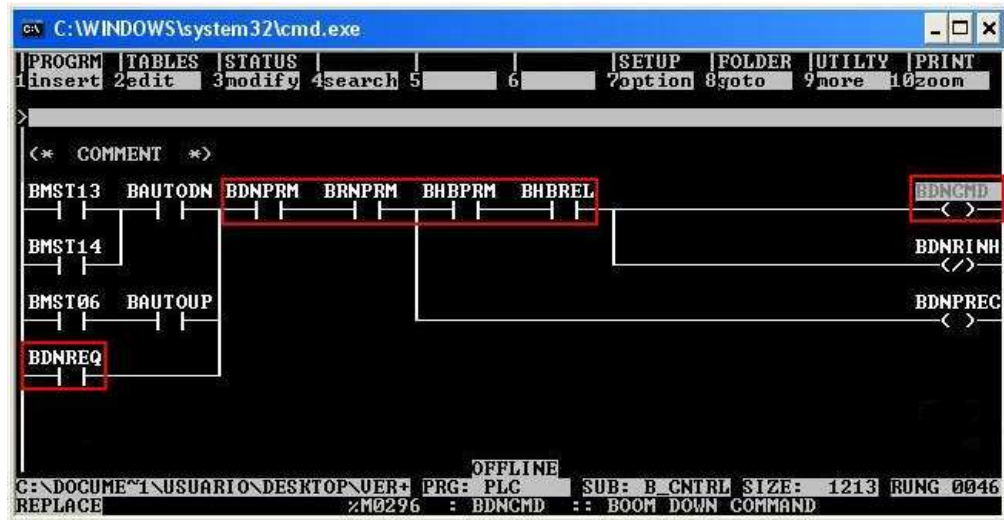
Entrada	Sigla	Descripción
%I0029	TRBOMM	Trolley reversa – boom abajo
%M0054	REMCTO	Estación control remoto
%I0046	SETROEY	Selección movimiento Trolley
%I0013	SEBOOM	Selección movimiento Boom

Figura 112. Requerimiento boom abajo



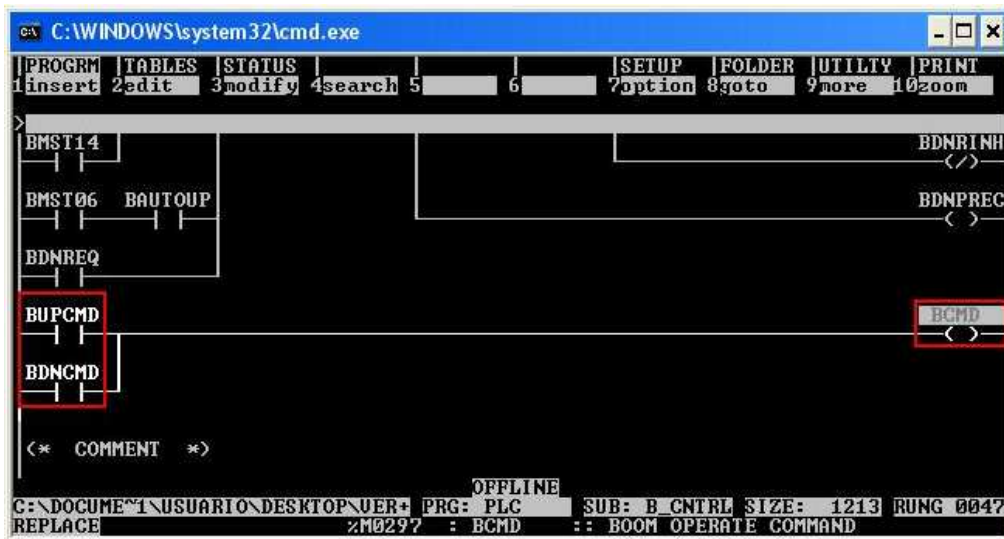
Comando boom abajo (BDNCMD), el cual se genera luego de la activación del requerimiento para movimiento boom abajo (BDNREQ), sistema de frenos hidráulico operando (BHBPRM), activo el permisivo boom abajo (BDNPRM), freno del motor sistema boom abierto (BHBREL) y el permisivo general de funcionamiento del sistema boom (BRNPRM), ver figura 113.

Figura 113. Comando ejecución boom abajo



Instrucción general de operación del sistema boom (BCMD), el cual es generado después de la activación de cualquiera de los comandos boom arriba (BUPCMD) o boom abajo (BDNCMD), ver figura 114.

Figura 114. Comando general operación sistema boom



Referencia comando boom (BREFCMD), generado por la instrucción general de operación del sistema boom (BCMD) y boom en movimiento (BMTRACT).

La variable referencia comando boom (BREFCMD) es exportada e importada por la rutina drive control trolley / boom (TBPCA), ver figura 115.

Figura 115. Comando referencia ejecución sistema boom



6.8.5. Hoist/Gantry drive control. Rutina destinada al control de velocidad de los sistemas hoist y gantry, ver figuras 116 y 117.

Figura 116. Drive control hoist / gantry

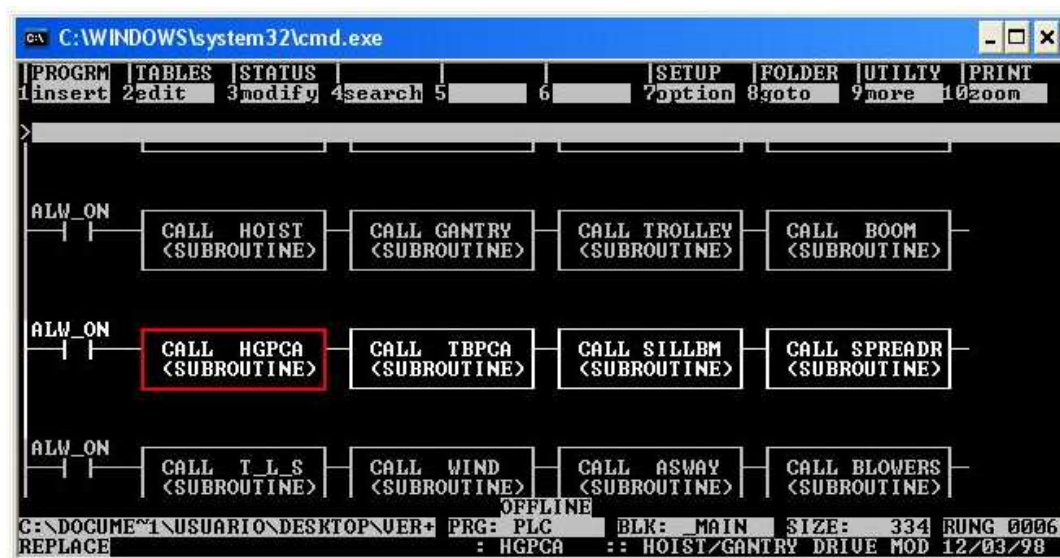
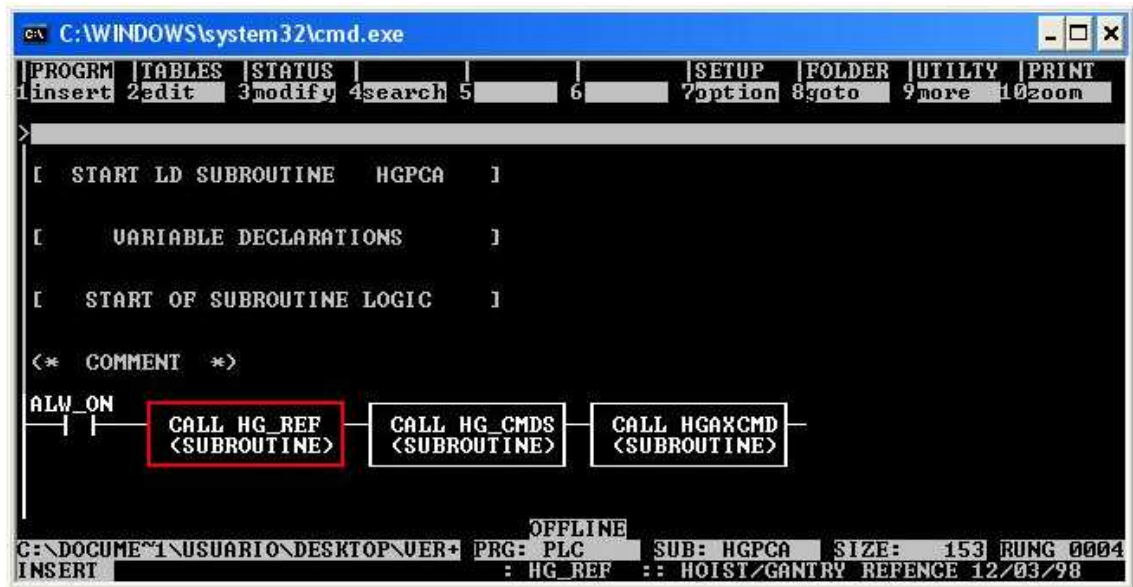
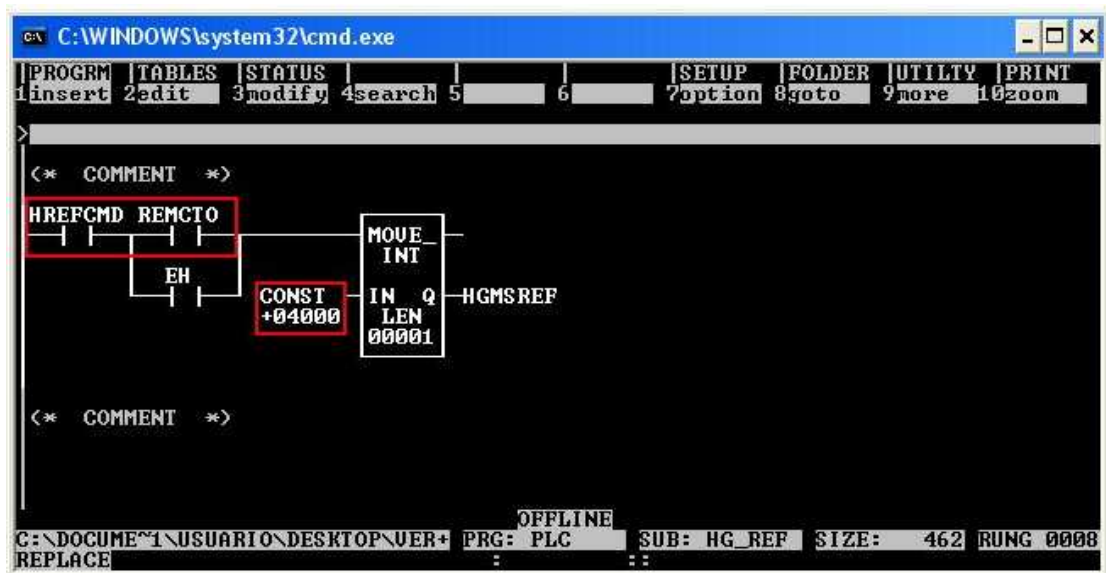


Figura 117. Rutina control drive hoist / gantry



Referencia para el control de velocidad del sistema hoist (SLOWDOWN), dependiente de la estación del control remoto (REMCTO), constante de velocidad programada y la referencia comando hoist (HREFCMD) importada desde la rutina de control hoist, ver figura 118.

Figura 118. Referencia control de velocidad sistema hoist



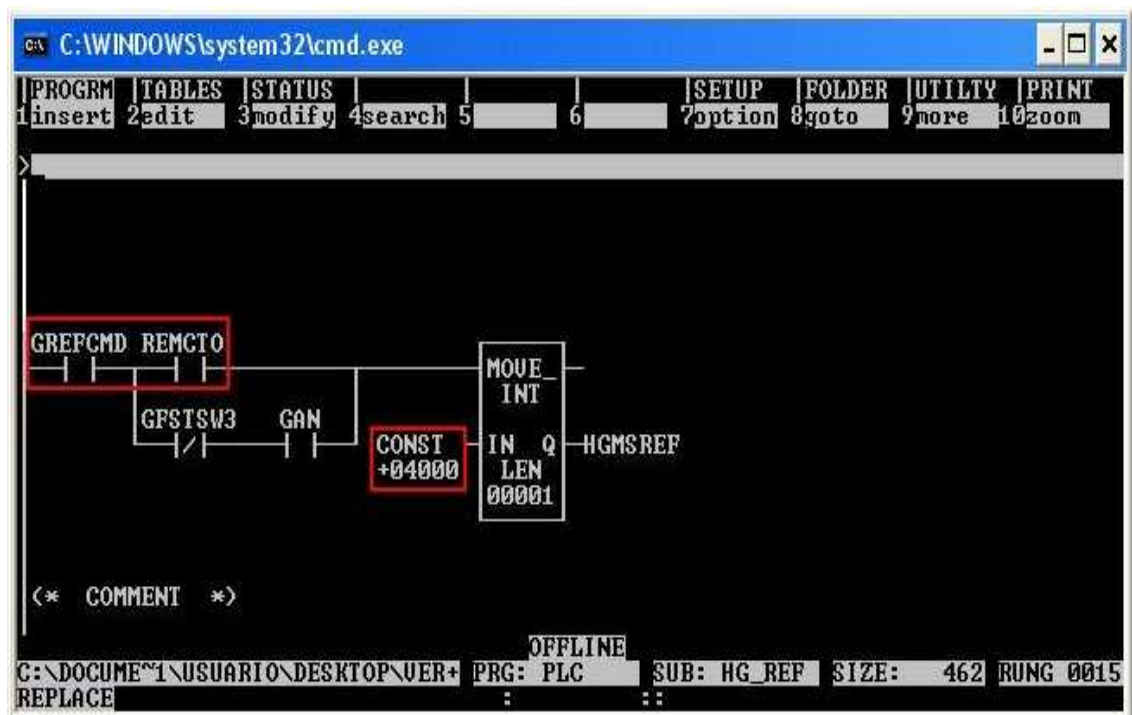
Control de velocidad para sistema Hoist, ver tabla 32.

Tabla 32. Control de velocidad sistema hoist

Modo de operación	Velocidad Grúa MPM	Raw Referencia (Contados)	Net Máxima Velocidad Ref. (Contados)	
Empty spreader	135.0	20000	20000	Máx. velocidad
Rated load	60.0	20000	8893	44% velocidad
Hoist Slowdown	27.0	20000	4000	20% velocidad
Cargo Beam Mode	60.0	20000	8893	46% velocidad

Referencia para el control de velocidad del sistema gantry (SLOWDOWN), dependiente de la estación del control remoto (REMCTO), constante de velocidad programada y la referencia comando gantry (GREFCMD) importada desde la rutina de control gantry, ver figura 119.

Figura 119. Referencia control de velocidad sistema gantry



Control de velocidad para sistema Gantry, ver tabla 33.

Tabla 33. Control de velocidad sistema gantry

Modo de operación	Velocidad grúa MPM	Raw Referencia (Contados)	Net Máxima velocidad Ref. (Contados)	
Normal	46.0	20000	20000	Máx. velocidad
Gantry Slowdown	9.2	20000	4000	20% velocidad

6.8.6. Trolley / boom drive control. Rutina destinada al control de velocidad de los sistemas trolley y boom, ver figuras 120 y 121.

Figura 120. Drive control trolley / boom

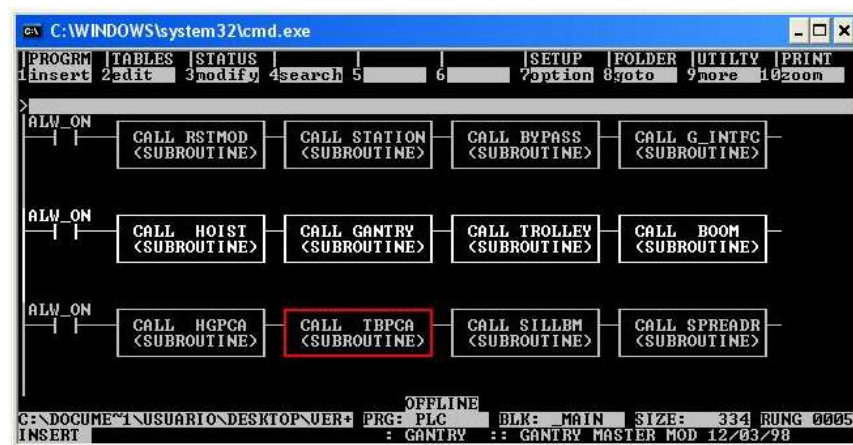
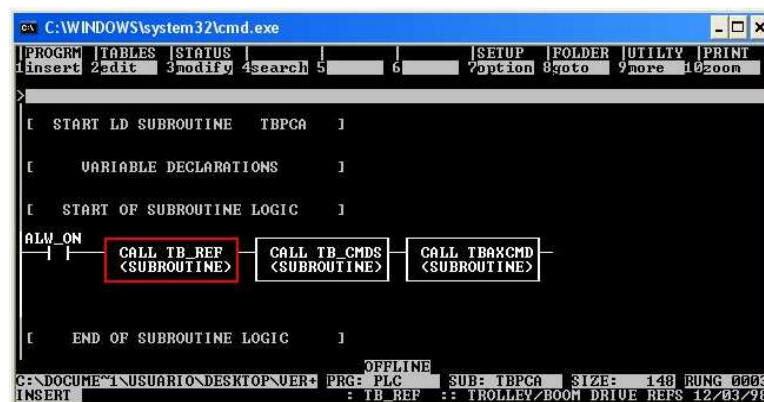
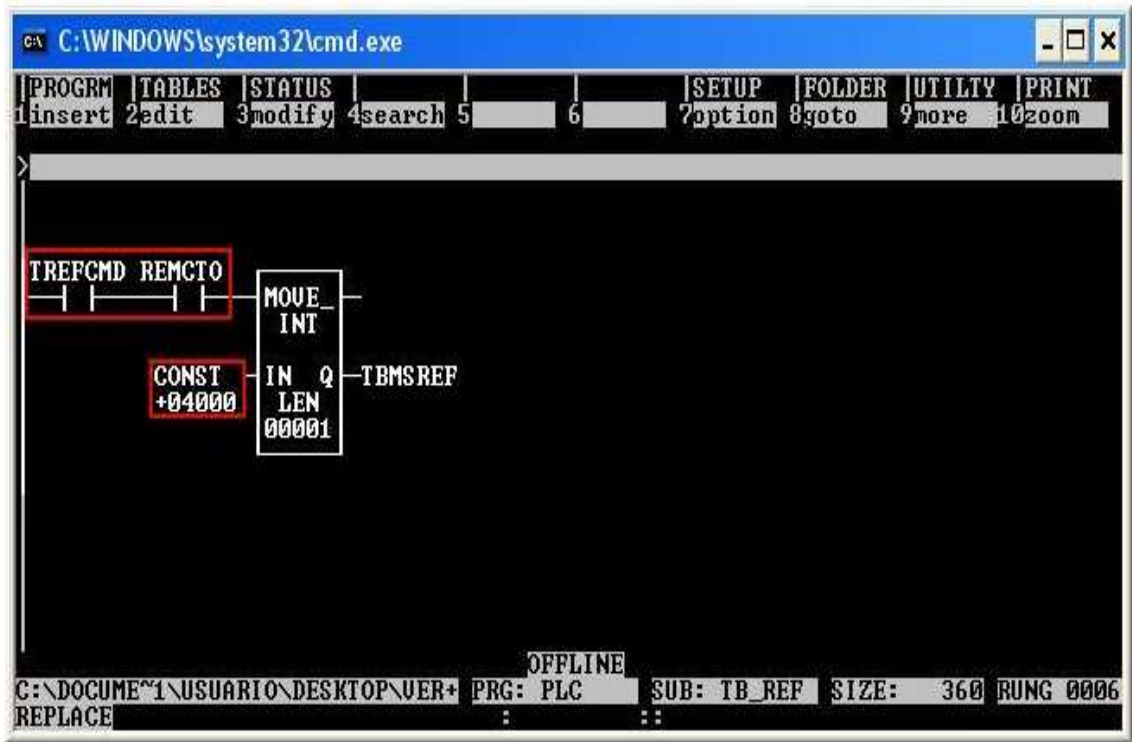


Figura 121. Rutina control drive trolley / boom



Referencia para el control de velocidad del sistema trolley (SLOWDOWN), dependiente de la estación del control remoto (REMCTO), constante de velocidad programada y la referencia comando trolley (TREFCMD) importada desde la rutina de control trolley, ver figura 122.

Figura 122. Referencia control de velocidad sistema trolley



Control de velocidad para sistema Trolley, ver tabla 34.

Tabla 34. Control de velocidad sistema trolley

Modo de operación	Velocidad Grúa MPM	Raw Referencia (Contados)	Net Máxima velocidad Ref. (Contados)
Normal	210	20000	20000
Trolley Slowdown	42	20000	4000

Top Speedy
20% speedy

Referencia para el control de velocidad del sistema boom (SLOWDOWN), dependiente de la estación del control remoto (REMCTO), constante de velocidad programada y la referencia comando boom (BREFCMD) importada desde la rutina de control boom, ver figura 123.

Figura 123. Referencia control de velocidad sistema boom



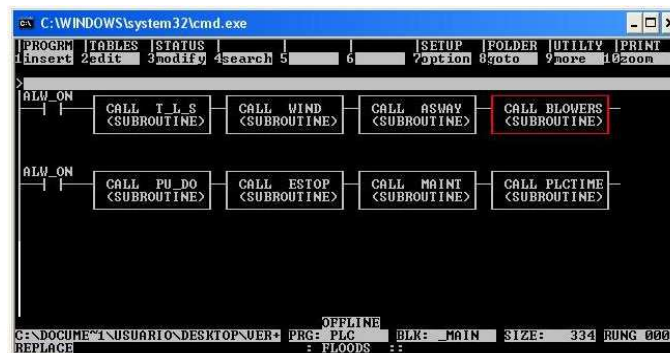
Control de velocidad para sistema Boom, ver tabla 35.

Tabla 35. Control de velocidad sistema boom

Modo de operación	Boom arriba referencia	Boom abajo referencia
BOOM FIELD FORCING (When required)	17000 contados / 85% velocidad	20000 contados / 100% velocidad
BOOM ABOVE FIELD FORCING	20000 contados / 100% velocidad	20000 contados / 100% velocidad
BOOM SLOWDOWN	4000 contados / 20% velocidad	4000 contados / 20% velocidad
BOOM FIRST 2 SEC of OPERATION	4000 contados / 20% velocidad	4000 contados / 20% velocidad

6.8.7. Blowers. Estación donde se cumple la activación de todos los ventiladores que refrigeran los motores de los sistemas hoist, trolley y boom, ver figura 124.

Figura 124. Rutina blowers



Estando activa la estación del control remoto (REMCTO) y ningún reporte de falla de los ventiladores de refrigeración, cumpliéndose lo anterior se dará el encendido de los ventiladores de refrigeración de los motores del los sistemas hoist, trolley y boom, ver figura 125.

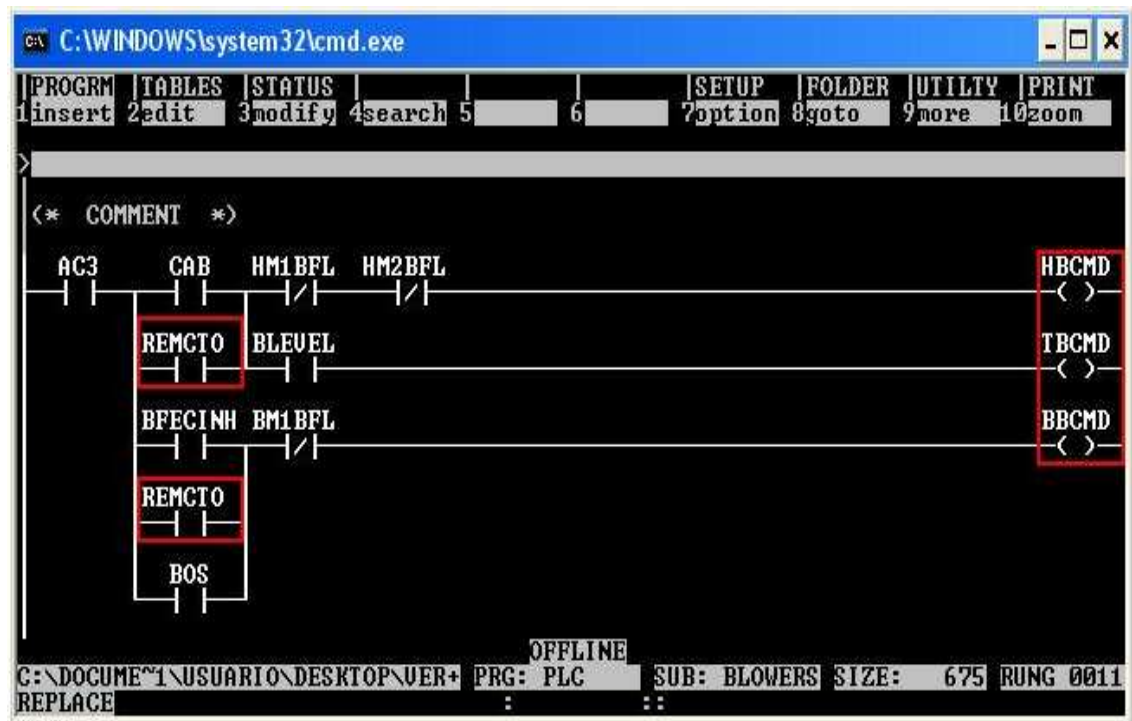
Nota: Para el caso de los ventiladores de refrigeración del sistema trolley se debe tener en cuenta que el brazo articulable (boom) se encuentre en 180°.

Comandos asociados a la activación de los ventiladores de refrigeración de los motores de los sistemas hoist, trolley y boom, ver tabla 36.

Tabla 36. Comandos activación blowers

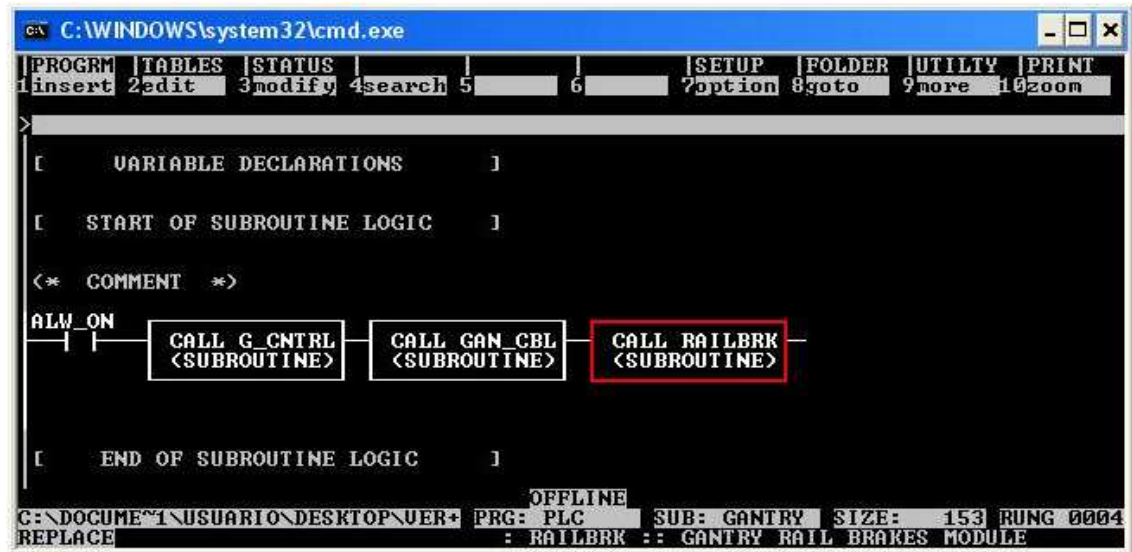
Comando	Descripción
HBCMD	Comando activación ventiladores motores sistema hoist.
TBCMD	Comando activación ventiladores motores sistema trolley.
BBCMD	Comando activación ventiladores motores sistema boom.

Figura 125. Encendido blowers sistemas hoist, trolley y boom



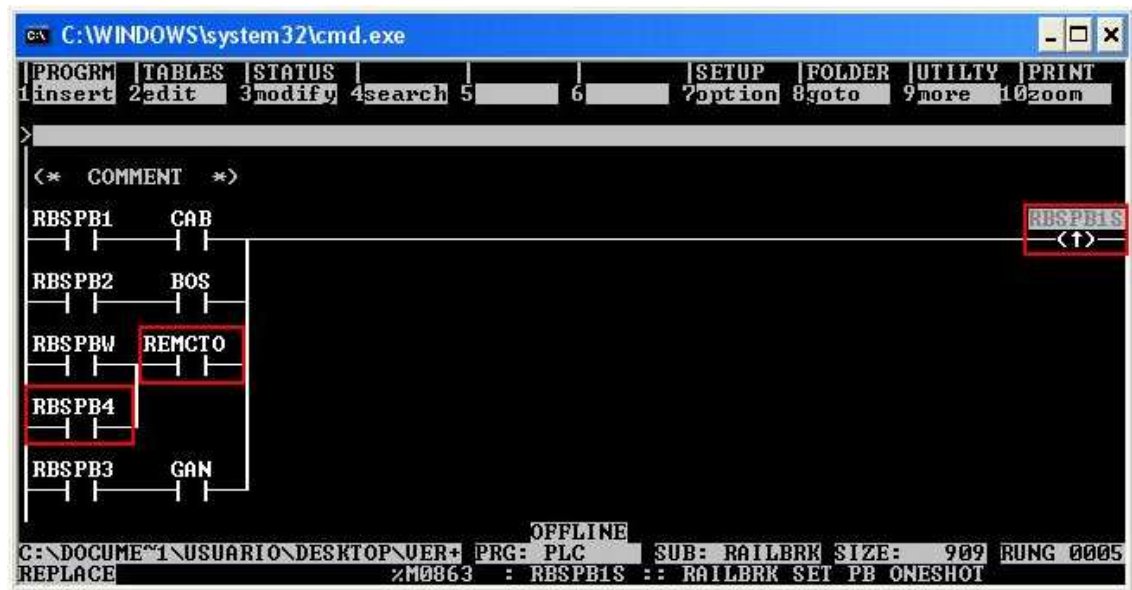
6.8.8. Frenos de riel sistema gantry. Rutina destinada a la activación de los frenos de riel, los cuales suspenden la grúa unos milímetros cuando esta se encuentra en operación o en mantenimiento, ver figura 126.

Figura 126. Subrutina frenos de riel



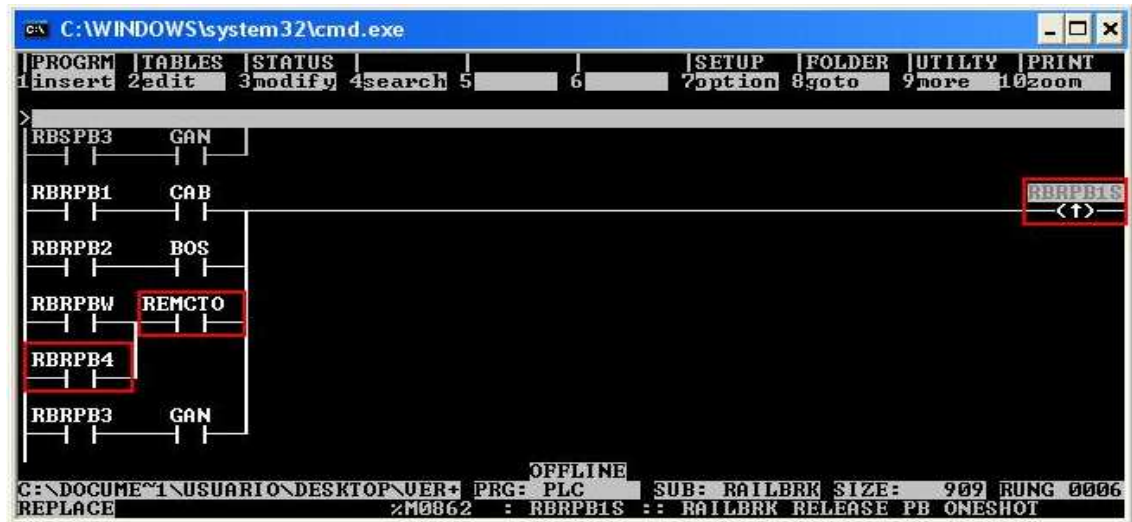
Activación de frenos de riel (RBSPB1S), estos son activados por variables externas asociadas al control remoto: accionamiento frenos de riel (RBSPB4) y la activación de la estación del control remoto (REMCTO), ver figura 127.

Figura 127. Accionamiento frenos de riel



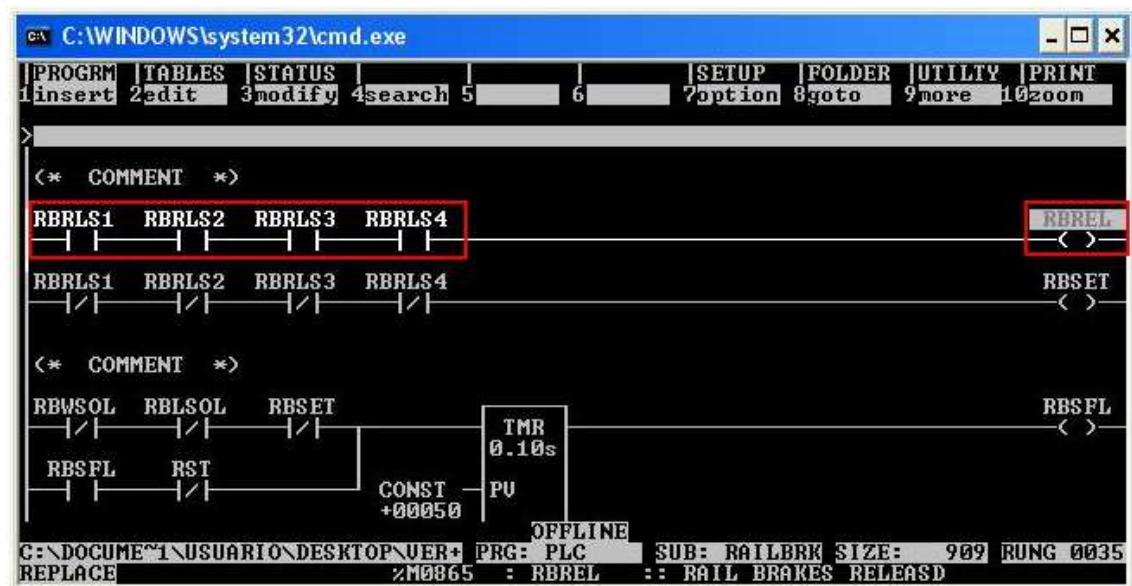
Sacar frenos de riel, estos son retirados por variables externas asociadas al control remoto: sacar frenos de riel (RBRPB4) y la activación de la estación del control remoto (REMCTO), ver figura 128.

Figura 128. Sacar frenos de riel



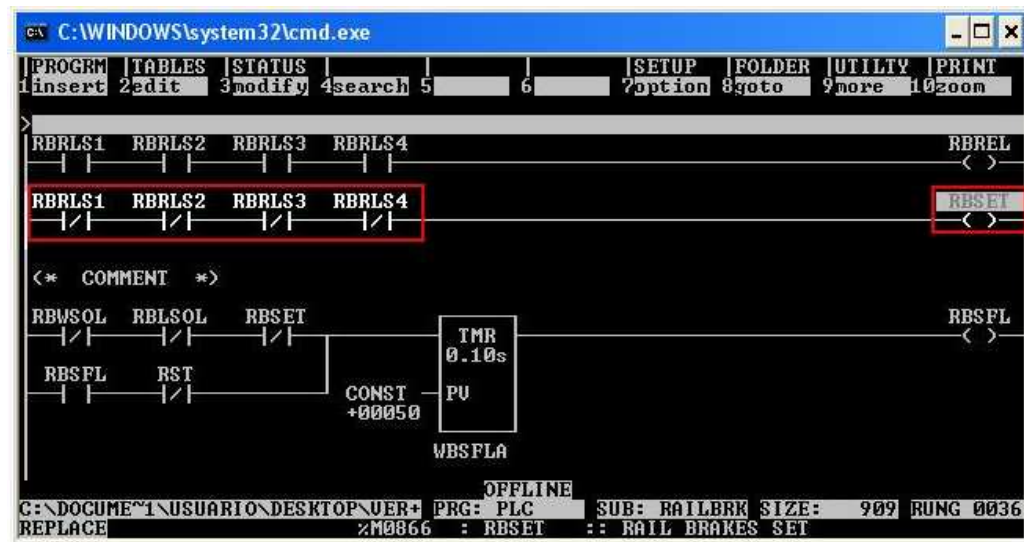
A través de los micro switch que posee cada uno de los cuatro frenos de riel se confirma el retiro de los frenos de riel (RBREL) así: micro switch 1 (RBRLS1), micro switch 2 (RBRLS2), micro switch 3 (RBRLS3), micro switch 4 (RBRLS 4), ver figura 129.

Figura 129. Sacar frenos de riel



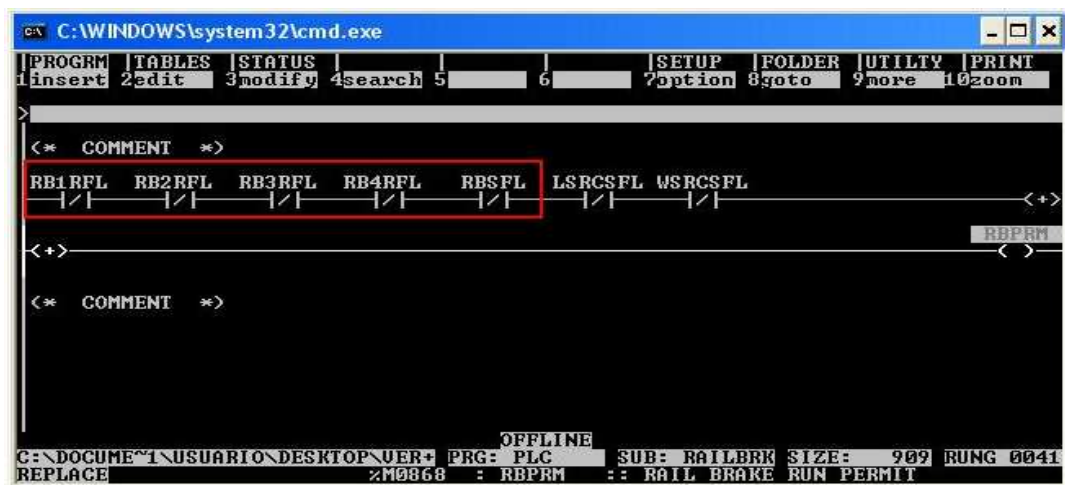
A través de los micro switch que posee cada uno de los cuatro frenos de riel se confirma el accionamiento frenos de riel (RBSET) así: micro switch 1 (RBRLS1), micro switch 2 (RBRLS2), micro switch 3 (RBRLS3), micro switch 4 (RBRLS 4), ver figura 130.

Figura 130. Sacar frenos de riel



Permisivo funcionamiento frenos de riel (RBPRM), si falla uno de los micro switch que posee cada uno de los cuatro frenos de riel no se confirma el permisivo que le permitirán a los frenos de riel accionarse o poder ser retirados, los sensores de falla están asociados a las variables: falla micro switch 1 (RB1RFL), falla micro switch 2 (RB2RFL), falla micro switch 3 (RB4RFL), falla micro switch 4 (RB4RFL) y falla general micros switch (RBSFL), ver figura 131.

Figura 131. Permisivo funcionamiento frenos de riel



6.8.9. Mando de control. Pensando en las condiciones de trabajo que operara el control remoto en las grúas pórtico en el puerto de Buenaventura, como:

- Humedad.
- Manipulación de grasa, equipos oxidados, tornillería, entre otros.
- Situación climática incierta.
- Manipulación por diferentes personas.
- Ambiente de trabajo.

Se decidió tomar como estación de control un pendiente (botonera) de 10 posiciones para distribuir los botones y selectores que ejecutarán los principales movimientos que realizan las grúas pórtico.

Este incluye:

- **Push button**

Figura 132. Push button



XAC-A94●●

- **Selectores de dos posiciones**

Figura 133. Selector



ZA2-BD●

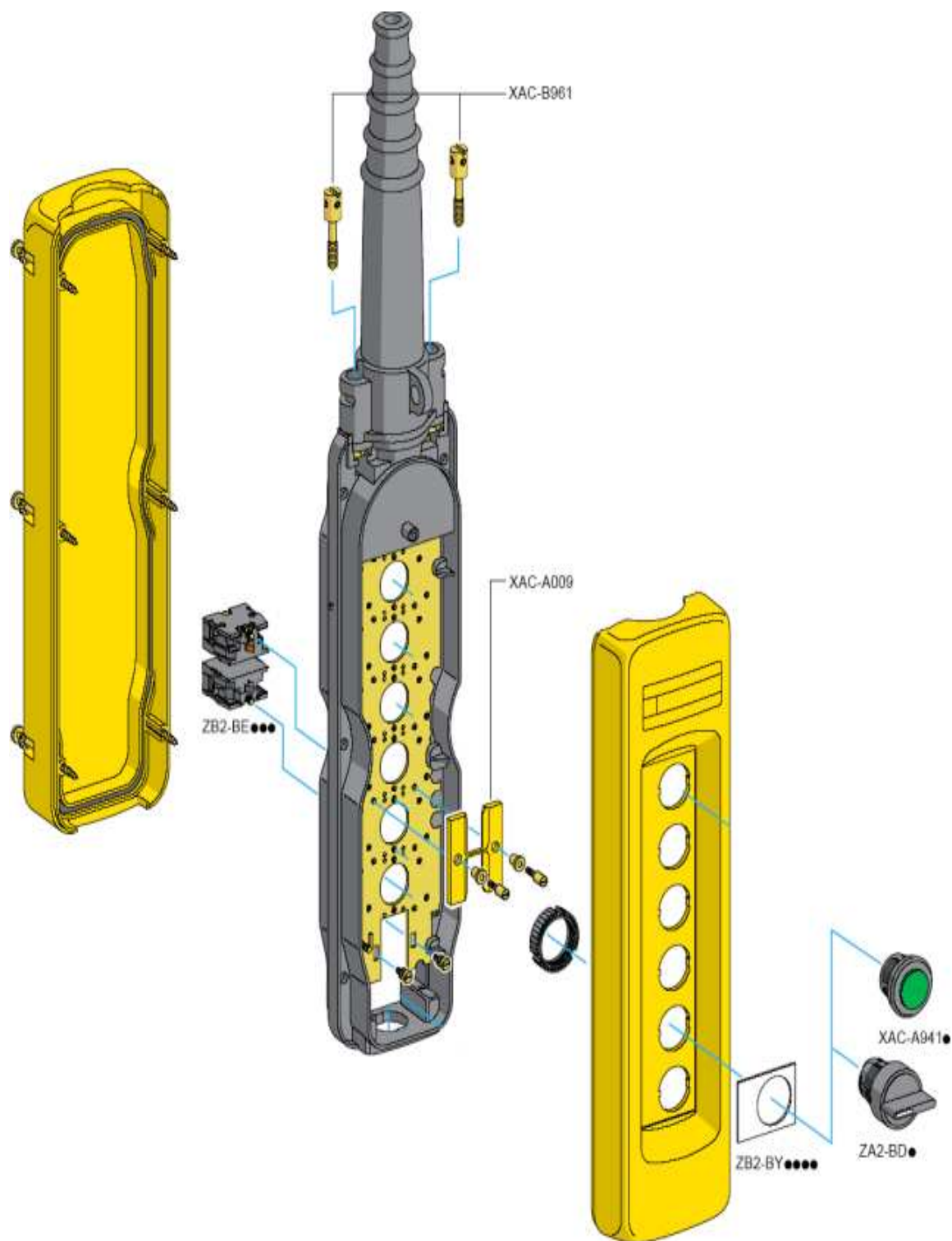
- **Contactos normalmente abierto y cerrado**

Figura 134. Contactos normalmente abierto y cerrado



ZB2-BE10●

Figura 135. Conexión mando de control

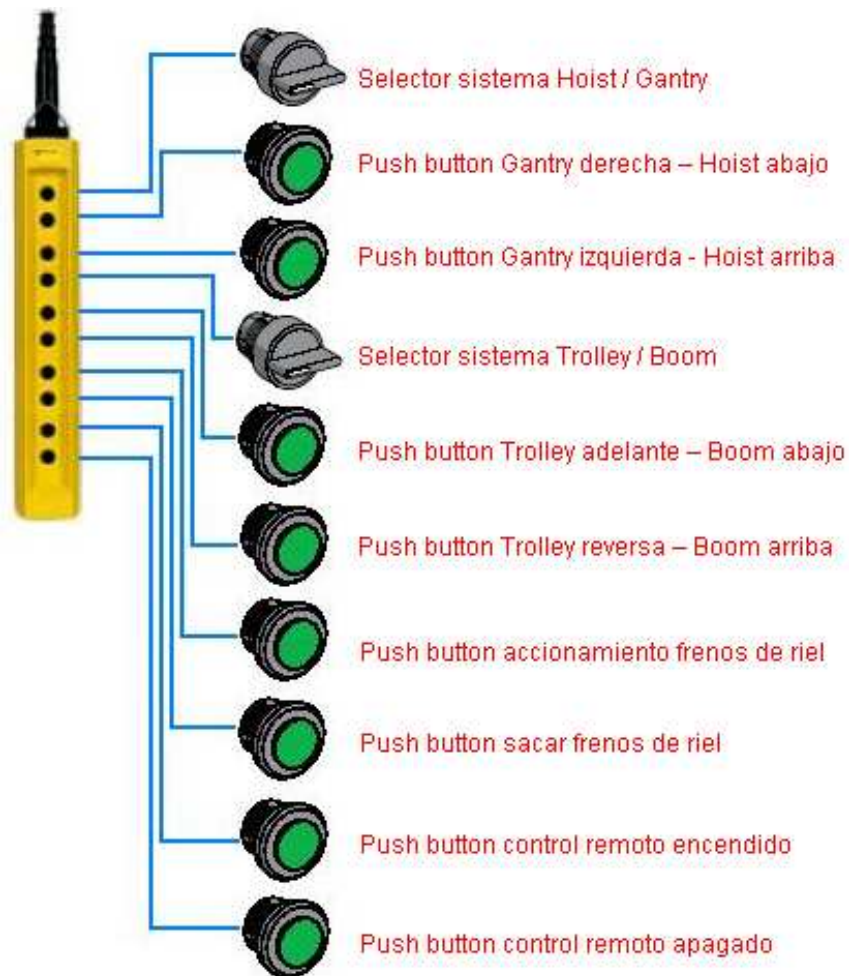


El control estará distribuido de la siguiente manera, véase tabla 37.

Tabla 37. Distribución control remoto

Posición	Descripción
1	Selector sistema Hoist / Gantry
2	Push button Gantry derecha – Hoist abajo
3	Push button Gantry izquierda - Hoist arriba
4	Selector sistema Trolley / Boom
5	Push button Trolley adelante – Boom abajo
6	Push button Trolley reversa – Boom arriba
7	Push button accionamiento frenos de riel
8	Push button sacar frenos de riel
9	Push button control remoto encendido
10	Push button control remoto apagado

Figura 136. Distribución control remoto



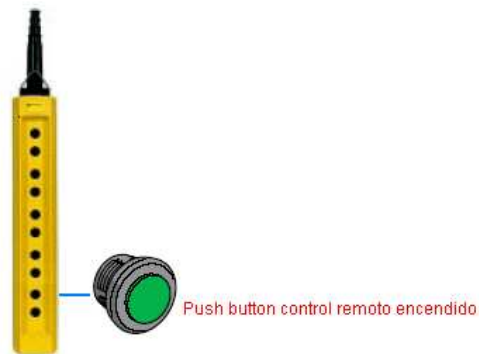
El funcionamiento de la grúa en modo mantenimiento a través del control remoto se podrán ejecutar con los siguientes pasos:

La grúa debe estar apagada desde cualquiera de los puntos de donde esta se puede encender (Trolley, Boom, Cuarto de Control y Gantry).

Antes de encender la grúa el usuario de operaciones y mantenimiento debe percatarse del posicionamiento actual de la grúa es decir, la posición del Boom, Trolley, Hoist y Gantry.

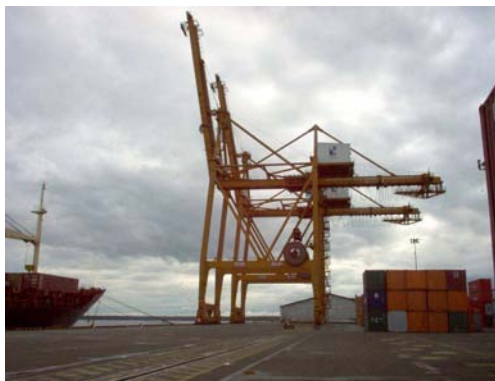
Se debe encender la grúa desde el push button número nueve (9), asignado para esta función, se encenderá un piloto verde al lado del push button nueve (9), indicando que la grúa a encendido desde la estación control remoto, ver figura 137.

Figura 137. Encendido control remoto



Si el Boom se encuentra en posición vertical será el primer movimiento que se deberá ejecutarse por parte del usuario, para poder generar los otros tres (3) movimientos que se pueden realizar con el control remoto en modo mantenimiento (Gantry, Hoist y Trolley) ver figura 138.

Figura 138. Boom en posición vertical 180°

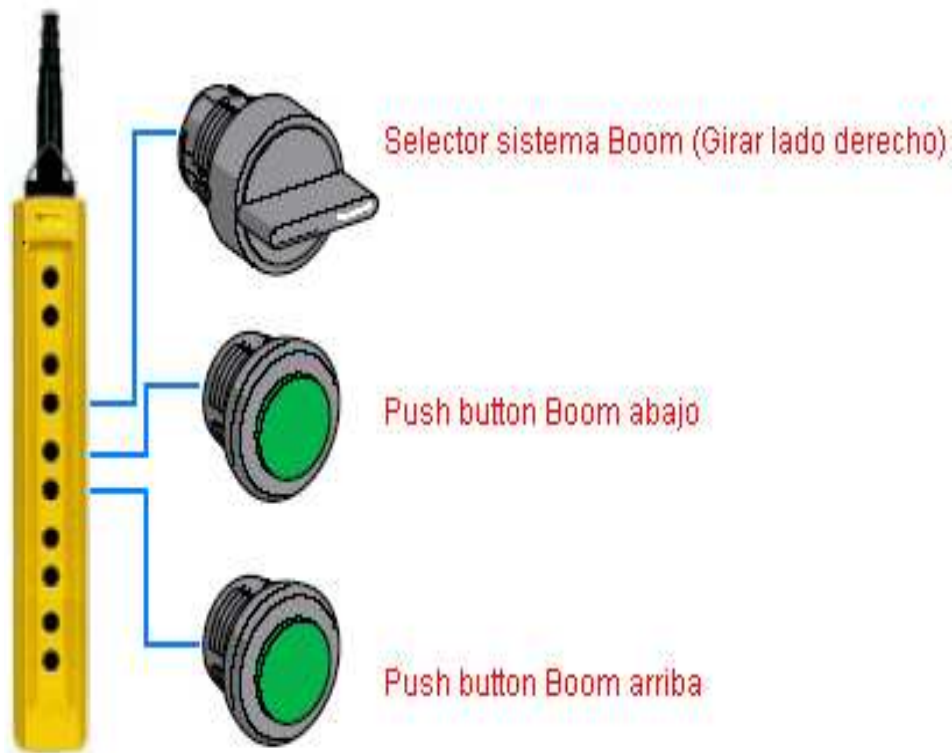


6.8.9.1. Realizando movimiento Boom.

Tomando el selector ubicado en la posición cuatro (4) del mando de control, este se deberá girar a la posición derecha para que se pueda ejecutar el movimiento Boom.

En ese instante los push button cinco (5) y seis (6), asignados para realizar movimiento de Trolley y Boom, quedan completamente configurados para realizar solo movimientos en el brazo articular de la grúa (Boom), ver figura 139.

Figura 139. Realizando movimiento boom



Movimiento Boom abajo

Para realizar movimiento de Boom abajo se debe cumplir con el paso número cinco (5), después de verificar el paso número cinco (5), se debe pulsar el push button cinco (5) asignado para realizar movimiento de Boom abajo, se encenderá

un piloto rojo al lado del push button cinco (5), indicando que se está generando movimiento Boom abajo, ver figura 140.

Figura 140. Realizando movimiento boom abajo

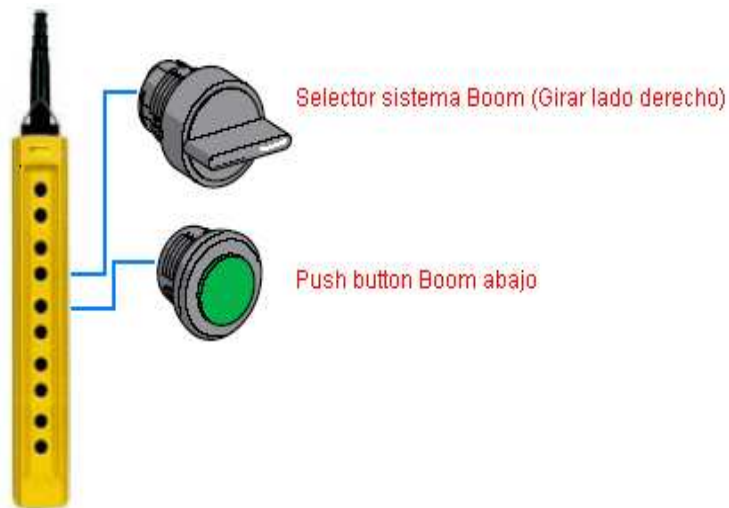


Figura 141. Boom bajando



Movimiento Boom arriba

Para realizar movimiento de Boom arriba se debe cumplir con el paso número cinco (5), después de verificado el paso número cinco (5), se debe pulsar el push button seis (6) asignado para realizar movimiento de Boom arriba, se encenderá

un piloto rojo al lado del push button seis (6), indicando que se está generando movimiento Boom arriba, ver figura 142.

Figura 142. Realizando movimiento boom arriba



6.8.9.2. Realizando movimiento Trolley.

Tomando el selector ubicado en la posición cuatro (4) del mando de control, este se deberá girar a la posición izquierda para que se pueda ejecutar el movimiento Trolley.

En ese momento los push button cinco (5) y seis (6), asignados para realizar movimiento de Trolley y Boom, quedan completamente configurados para realizar solo movimientos en el Trolley, ver figura 143.

Figura 143. Realizando movimiento trolley



Movimiento Trolley adelante.

Para realizar movimiento de Trolley adelante se debe cumplir con el paso número nueve (9), después de verificado el paso número nueve (9), se debe pulsar el push button cinco (5) asignado para realizar movimiento de Trolley adelante, se encenderá un piloto naranja al lado del push button cinco (5), indicando que se está generando movimiento Trolley adelante, ver figura 144.

Figura 144. Realizando movimiento trolley adelante



Movimiento Trolley reversa

Para realizar movimiento de Trolley reversa se debe cumplir con el paso número nueve (9), después de verificar el paso número nueve (9), se debe pulsar el push button seis (6) asignado para realizar movimiento de Trolley reversa, se encenderá un piloto naranja al lado del push button seis (6), indicando que se está generando movimiento Trolley reversa, ver figura 145.

Figura 145. Realizando movimiento Trolley reversa



6.8.9.3. Realizando movimiento Gantry.

Tomando el selector ubicado en la posición uno (1) del mando de control, este se deberá girar a la posición derecha para que se pueda ejecutar el movimiento Gantry.

En ese momento los push button dos (2) y tres (3), asignados para realizar movimiento de Hoist y Gantry, quedan completamente configurados para realizar el movimiento en las patas de Gantry, ver figura 146.

Figura 146. Realizando movimiento gantry



Movimiento Gantry derecha.

Para realizar movimiento de Gantry derecha se debe cumplir con el paso número trece (13), después de verificar el paso número trece (13), se debe pulsar el push button dos (2) asignado para realizar movimiento de Gantry derecha, se encenderá un piloto verde al lado del push button dos (2), indicando que se está generando movimiento Gantry derecha, ver figura 147.

Figura 147. Realizando movimiento gantry derecha



Movimiento Gantry izquierda

Para realizar movimiento de Gantry izquierda se debe cumplir con el paso número trece (13), después de verificar el paso número trece (13), se debe pulsar el push button tres (3) asignado para realizar movimiento de Gantry izquierda, se encenderá un piloto verde al lado del push button tres (3), indicando que se está generando movimiento Gantry izquierda, ver figura 148.

Figura 148. Realizando movimiento gantry izquierda

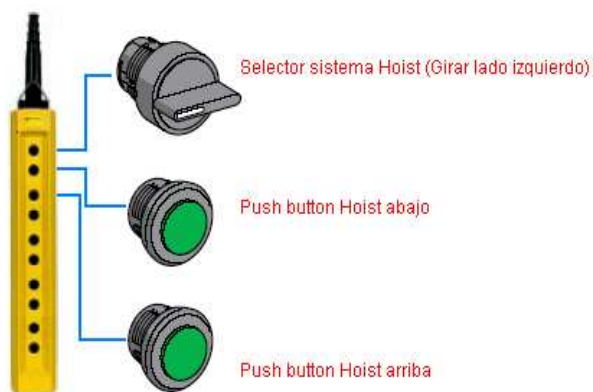


6.8.9.4. Realizando movimiento Hoist.

Tomando el selector ubicado en la posición uno (1) del mando de control, este se deberá girar a la posición izquierda para que se pueda ejecutar el movimiento Hoist.

En ese momento los push button dos (2) y tres (3), asignados para realizar movimiento de Hoist y Gantry, quedan completamente configurados para realizar movimiento en el Hoist, ver figura 149.

Figura 149. Realizando movimiento hoist



Movimiento Hoist abajo.

Para realizar movimiento de Hoist abajo se debe cumplir con el paso número diecisiete (17), después de verificar el paso número diecisiete (17), se debe pulsar el push button dos (2) asignado para realizar movimiento de Hoist abajo, se encenderá un piloto verde al lado del push button dos (2), indicando que se está generando movimiento Hoist abajo, ver figura 150.

Figura 150. Realizando movimiento hoist abajo



Movimiento Hoist arriba

Para realizar movimiento de Hoist arriba se debe cumplir con el paso número diecisiete (17), después de verificar el paso número diecisiete (17), se debe pulsar el push button tres (3) asignado para realizar movimiento de Hoist arriba, se encenderá un piloto verde al lado del push button tres (3), indicando que se está generando movimiento Hoist arriba, ver figura 151.

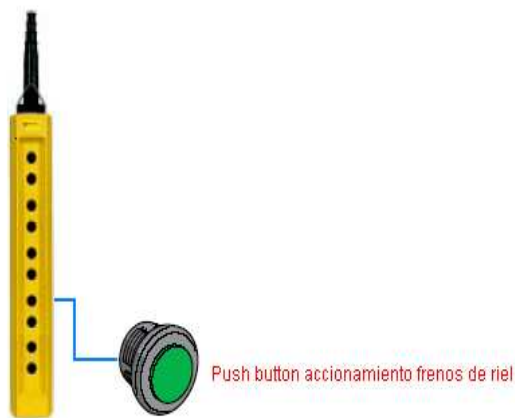
Figura 151. Realizando movimiento hoist arriba



6.8.9.5. Accionamiento frenos de riel

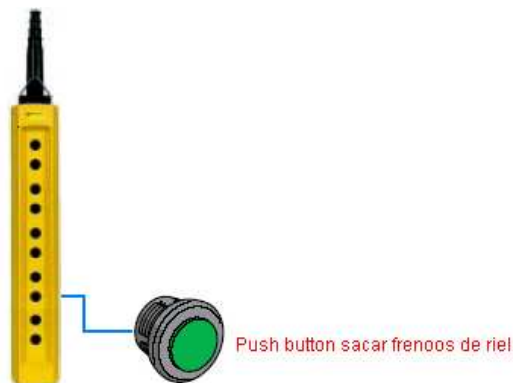
Cuando la grúa se encuentra realizando movimiento de gantry al detenerse hay que comprobar o accionar los frenos de riel de la grúa pórtico, para esto se debe utilizar el push button número siete (7) al oprimirlo los frenos empezarán su descenso hacia los rieles de desplazamiento de la grúa; si el operador de mantenimiento no realiza esta actividad la grúa después de un determinado tiempo realiza de manera automática este accionamiento de frenos de riel, lo anterior se realiza gracias a la programación por software, ver figura 152.

Figura 152. Accionamiento frenos de riel



Para comenzar a realizar movimiento de gantry y lo frenos de riel se encuentran accionados, el operador de mantenimiento deberá sacar los frenos de riel permitiéndole a la grúa desplazarse sin ningún contratiempo, para ello se utilizará el push button número ocho (8); si el operador no realiza este requisito que es exigido por el sistema gantry, la grúa se apersonara de la tarea y los retirará de manera automática, permitiendo realizar la operación de mantenimiento exitosamente, ver figura 153.

Figura 153. Sacar frenos de riel

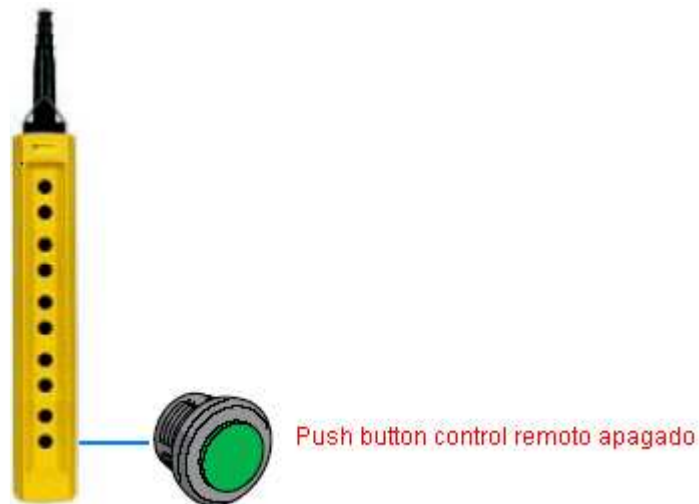


Nota: La comprobación del sistema de accionamiento y retiro de los frenos de riel de manera automática, también es una tarea del personal de mantenimiento de la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura.

6.8.9.6. Apagar grúa pórtico

Terminada las labores de mantenimiento se debe apagar la grúa desde el push button número diez (10), asignado para esta función, se encenderá un piloto rojo al lado del push button diez (10), indicando que la grúa se ha apagado desde la estación control remoto y podrá encenderse desde el mismo punto de operación o desde otra estación de control de la grúa pórtico, ver figura 154.

Figura 154. Apagar control remoto



7. RECOMENDACIONES

Antes de dar inicio a las operaciones de la grúa pórtico en modo control remoto se deben tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Cerciorarse que la grúa pórtico se encuentre encendida desde otro punto de mando o que no se estén realizando otras actividades en la grúa.
- Verificar que en la grúa solo opere personal autorizado para realizar las labores de mantenimiento.
- Restringir el acceso de personas en la parte inferior de la grúa al instante de realizar pruebas de mantenimiento en modo control remoto.
- No realizar pruebas de mantenimiento con la grúa parqueada sobre una motonave.
- Revisar que los frenos de seguridad del trolley y gantry no se encuentren activados.
- Realizar pruebas de movimiento hoist sin carga o contenedor.
- Verificar que no se encuentre personal sobre el boom al momento de realizar pruebas de funcionamiento en el mismo.
- Revisar que el boom esté en posición horizontal (180°) al ejecutar el movimiento Trolley.

9. CONCLUSIONES

- Observando el funcionamiento y las aplicaciones de una grúa pórtico se determinó que sus principales sistemas son: trolley, gantry, hoist y boom.
- El diseño del control remoto para grúa pórtico planteado en este proyecto esta enfocado en la optimización de las labores de mantenimiento del personal técnico de la Sociedad Portuaria Regional Buenaventura S.A. debido a que a través de él se ejecutan con mayor autonomía, confianza y control, los movimientos que se requieren para las actividades preventivas y de reparación de las grúas pórticos como: trolley, hoist, gantry y boom, garantizando su buen estado y funcionamiento.
- Para realizar el movimiento trolley siempre debe permanecer el boom en posición horizontal (180°).
- El análisis de las líneas ya programadas en el controlador lógico programable permitió diseñar la lógica de control que gobernará el control remoto, similar a la estructura preestablecida en el programa de aplicación de la grúa.
- Conocer el funcionamiento del software logicmaster mediante un estudio exhaustivo permitió modificar la programación existente para realizar la lógica de control del dispositivo.
- El buen funcionamiento del programa lógico del control remoto depende de la puesta a punto de todos los sensores de la grúa pórtico.
- Se utilizó el PLC GE series 90-30 y sus módulos porque están interconectados con todo el sistema de la grúa y una variación de este obliga a cambiar todo el sistema de control de la misma.
- La intercomunicación del PLC y el control remoto es a través de la red propietaria genius.
- El protocolo para la comunicación de las señales del control remoto hacia el PLC se denomina paso de testigo (token passing).
- Se escogió como estación de control una botonera de la casa Schneider por sus características: durable, robusta y fácil de operar, teniendo en cuenta el alto nivel de operatividad, las condiciones climáticas y el ambiente de trabajo a las que estará expuesta.

- El sitio estratégico para conectar la botonera es las patas de gantry porque es el que posee mayor visibilidad de todos los sistemas principales de la grúa.

BIBLIOGRAFÍA

Elementos eléctricos [en línea]. México: Schneider, 2007. [Consultado 20 de diciembre de 2007]. Disponible en Internet: www.schneider-electric.com.mx

Estructura organizacional sociedad portuaria regional de buenaventura [en línea]. Buenaventura: Sociedad portuaria regional de buenaventura, 2007. [Consultado 07 de julio de 2007]. Disponible en Internet: www.sprbun.com

GE fanuc Usa [en línea]. USA: General Electric Company, 2007. [Consultado 02 de agosto de 2007]. Disponible en Internet: http://www.astor.com.pl/www/Download/Centrum_techiczne/GEFanuc/dokumentacja_EN/gfk0466l.pdf

Genius i/o system and communications user's manual. Usa: General Electric Company, 1994. 211 p.

Limit switch user's manual. Usa: Schneider Electric, 1999. 10 p.

Logicmaster™ 90 series 90™ 30 micro programming software user's manual. Usa: General Electric Company, 1998. 514 p.

Manual estándar grupo bromma ssx45. Stockholm: Bromma Conquip, 2002. 428 p.

Modulos I/O field control™ genius® bus interface unit user's manual. Usa: General Electric Company, 1998. 248 p.

Optical communication for ge fanuc ethernet and genius. Usa: General Electric Company, 2001. 8 p.

PIEDRAHITA, Ramón. Ingeniería de la automatización industrial. Barcelona: Alfaomega-Rama, 2003. 680p

Plataformas inteligentes Usa[en línea]. General Electric Company, 2007. [Consultado 03 de septiembre de 2007]. Disponible en Internet: www.gefanuc.com

Product catalog / series 90™ 30. Usa: General Electric Company, 2004. p. 78-11.

Series 90™-30/micro autómatas programables manual de referencia. Usa: General Electric Company, 1996. 248 p.

Spreader specifications [en línea]. Stockholm: Bromma Conquip, 2007. [Consultado 10 de diciembre de 2007]. Disponible en Internet: www.bromma.com

State logic™ processor for series 90™ 30 plc. Usa: General Electric Company, 1998. 27 p.

ANEXOS

Anexo A. Logicmaster 90 series 90-30



GE Fanuc Automation

Programmable Control Products

**Logicmaster™ 90
Series 90™ -30/20/Micro
Programming Software**

User's Manual

GFK0466L

September 1998

Anexo B. Autómatas programables



GE Fanuc Automation

Productos de control programables

*Series 90TM-30/20/Micro
Autómatas programables*

Manual de referencia

GFK-0467G

Febrero 1996

Anexo C. Series 90-30 programmable controller



GE Fanuc Automation

Programmable Control Products

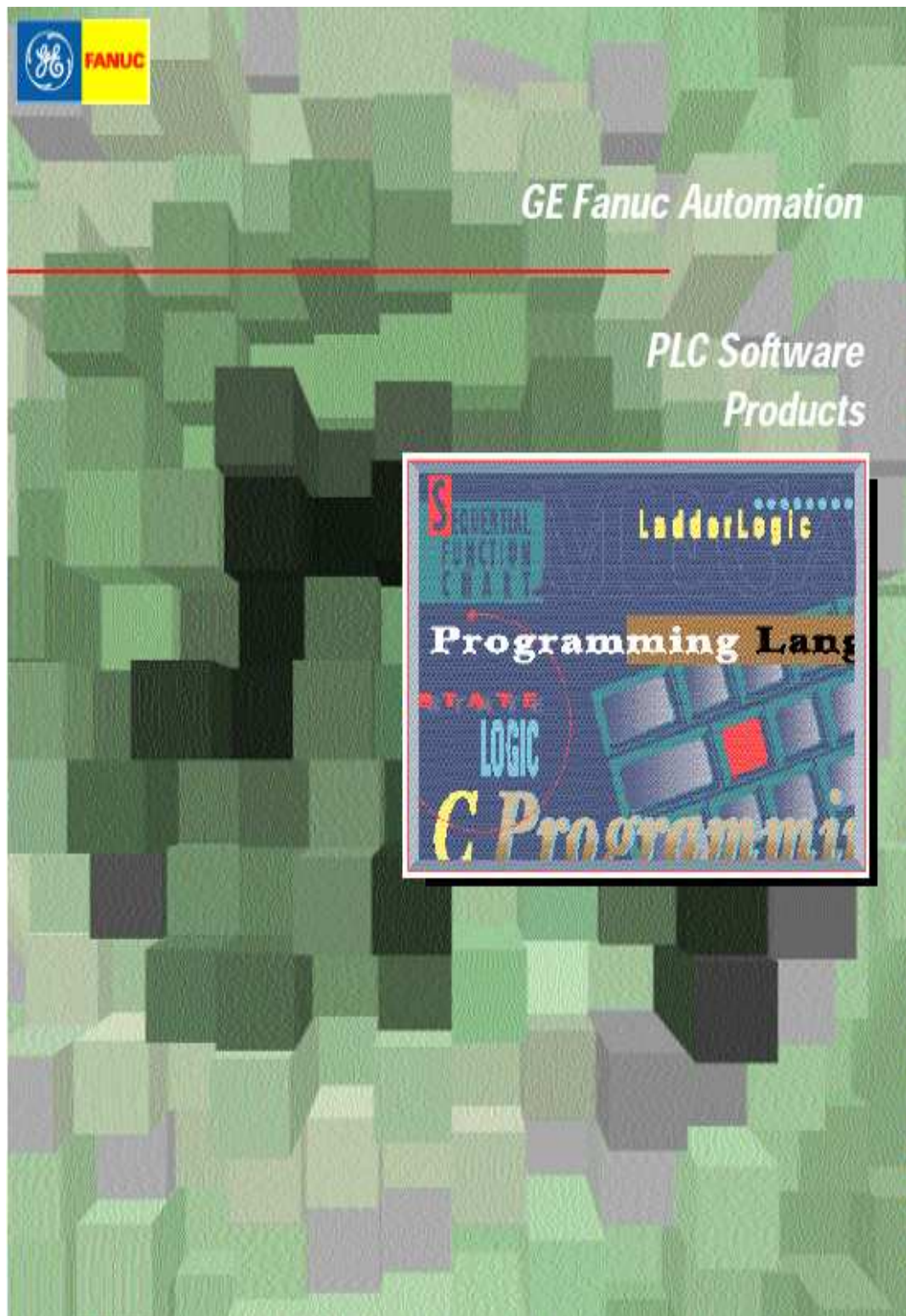
***Series 90™-30
Programmable
Controller***

Installation Manual

GFK0356N

January 1998

Anexo D. PLC software products





GE Drive Systems

Description of Operation

MAXSPEED2000™ Crane Control System

for a
Dockside Container Handling Crane
rated

40 Ton - Container Mode

Crane builder:

ZPMC

End User:

**COLOMBIA CONTAINER TERMINAL
PORT OF BUENAVENTURA
COLOMBIA**

GEDS Requisition Number: F47DX70290

GEDS Shop Order: SNB572

Revised: febrero 2, 2009

Anexo F. Genius I/O system and communications



GE Fanuc Automation

Programmable Control Products

***Genius™ I/O
System and Communications***

User's Manual

GEK90486F-1

November 1994

Anexo G. Logicmaster 90



GE Fanuc Automation

Programmable Control Products

**Logicmaster™ 90
Series 90™ -30/20/Micro
Programming Software**

User's Manual

GFK0466L

September 1998

Anexo H. Controller solutions



Controller Solutions

More choices for your applications

Product Catalog

PACSystems™ RX3i

PACSystems RX7i

Series 90™-30

Series 90-70

VersaMax® I/O & Control

VersaMax Nano/Micro

Proficy™ Machine Edition

QuickPanel™ Control



imagination at work



Anexo I. Field control



GE Fanuc Automation

Programmable Control Products

***Field Control™
Genius® Bus Interface Unit***

User's Manual

GFK-0825F

October 1999

Anexo J. Series 90-30 PLCs



GE Fanuc Automation

Series 90™ - 30 PLCs

GE Fanuc's Series 90-30 PLC is a family of controllers, I/O systems, and specialty modules designed to meet the demand for a versatile industrial control.



Versatility and Power in One Small Package

GE Fanuc's Series 90-30 PLCs are a family of controllers, I/O systems, and specialty modules designed to meet the demand for a versatile industrial control. The variety and flexibility of I/O and specialty modules make automation integration easy. There are 14 powerful CPUs to choose from, over 100 different I/O module types, a wide range of intelligent modules, high level communications options, and a variety of bus interfaces.

Programming options for the Series 90-30 are Ladder Logic, SFC, "C", or State Logic*. "C" programming enables users to handle complex calculations that were once only handled by large PLCs.

GE Fanuc uses industry standards, such as Ethernet TCP/IP for the Series 90-30 family. The Ethernet interface allows you to attach the Series 90-30 PLC directly to an Ethernet LAN and upload or download Ladder Logic. In addition, data can be transferred between PLCs and PCs simultaneously. Access can also be handled over the Internet.

The Series 90-30 is suited for applications requiring as little as 32 I/O or as much as 4,000 I/O. Remote I/O is handled easily using industry standards like Genius* Bus, World FIP, Profibus-DP*, Interbus-S*, LonWorks*, DeviceNet*, or SDS*.

To ensure that the Series 90-30 PLC provides a full range of application solutions, GE Fanuc works closely with third-party manufacturers of peripherals, modules, and software packages to provide complex automation solutions. Application tools are available for redundancy, Sequence of Event Recording, injection molding, chemical delivery, and much more.

GE Fanuc also offers a full line of Operator Interfaces, Human Machine Interfaces, Motion Control products, and various integration services. In addition, the Series 90-30 integrates easily with GE Fuji Variable Frequency Drives, GE Motor Control Centers, and other automation products.

The Series 90-30

is one of the

world's most

versatile PLCs on

the market today.

The Series 90-30

is ideal for the

simple to the

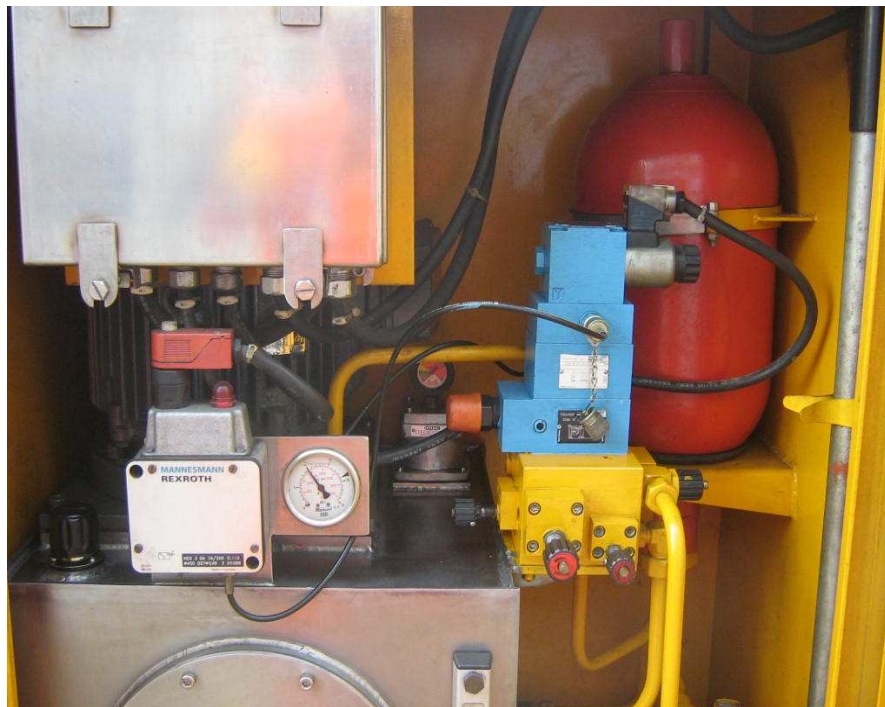
most complex

applications.

Anexo K. Freno de riel



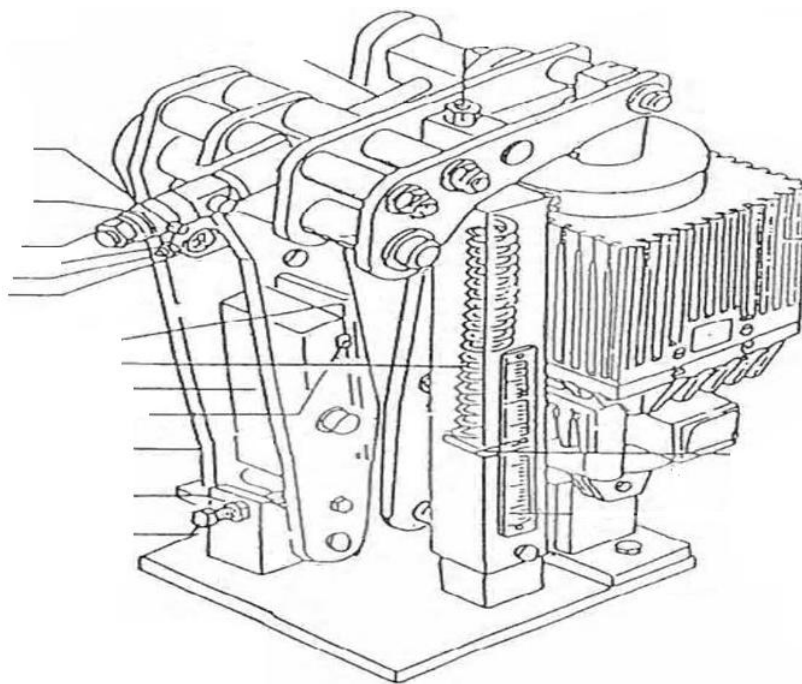
Anexo L. Unidad hidráulica frenos de riel



Anexo M. Micro switch freno de riel



Anexo N. Sistemas frenos electro hidráulico



Anexo Ñ. Estrategia de Control

